

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Návrh zbraně typu PDW na základě rekonstrukce vybraného samopalu Scorpion

Reconstruction of the Submachine Gun
CZ Scorpion and Design of the PDW Gun

Student:

Bc. Jiří Dobiáš

Osobní číslo

DOB0092

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Stanislav Procházka, CSc.

Ostrava 2020

Zadání bakalářské práce

Student: **Bc. Jiří Dobiáš**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 50 Lovecké, sportovní a obranné zbraně a střelivo
Téma: **Návrh zbraně typu PDW na základě rekonstrukce vybraného samopalu
Scorpion
Reconstruction of the Submachine Gun CZ Scorpion and Design of the
PDW Gun**
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte přehled současných zbraní typu PDW, uveďte základní technické parametry.
2. Uveďte používané střelivo pro tyto zbraně a vyberte vhodný náboj.
3. Zhodnoťte parametry a konstrukční uspořádání používaná u samopalů Škorpion a vyberte vhodnou předlohu pro rekonstrukci.
4. Navrhněte novou zbraň typu PDW, návrh doložte 3D zobrazením, celé zbraně a hlavních částí. Návrh hlavně doložte detailním výkresem a pevnostním grafem.
5. Zhodnoťte navrženou zbraň.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
Nový, O. *Rekonstrukce Samopalu vz. 61 na náboj 4,6x30 mm*. [Bakalářská práce]. Ostrava: VŠB, FS, 2008
Coufal, J. *Analýza a srovnání samopalů MP-5 a Scorpion EVO 3*. [Bakalářská práce]. Brno: UO 2016.
Medera, J. *Návrh rekonstrukce samopalu CZ Scorpion EVO 3 A1 pro ráži 40 S&W*. [Diplomová práce]. Brno: UO 2015.
Procházka, J. *Rekonstrukce samopalu EVO3 na zbraň kategorie PDW*. [Bakalářská práce]. Brno: Univerzita obrany, 2016.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Stanislav Procházka, CSc.**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020



doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.
vedoucí katedry



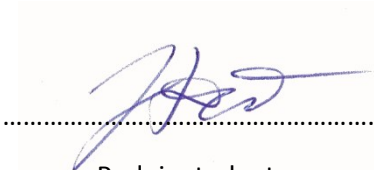
prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 18. května 2020

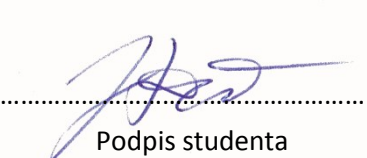


Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- užít toto mé dílo, nebo poskytnout licenci k jeho využití, může VŠB-TUO jen s mým souhlasem,
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- беру на ве́домі́, že - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18. května 2020



Podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Stanislavu Procházkovi, CSc. za cenné rady, připomínky a vstřícnost při konzultacích mé práce.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

DOBIÁŠ, J. *Návrh zbraně typu PDW na základě rekonstrukce vybraného samopalu Scorpion: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2020, 66 s. Vedoucí práce: Procházka, S.

Tato bakalářská práce pojednává o rekonstrukci samopalu Škorpion na zbraň typu PDW. V první části je popsán vývoj zbraní kategorie PDW a vybraní zástupci této kategorie. V další části je uveden přehled nejběžnějších ráží zbraní této kategorie a zvolena vhodná ráže pro rekonstrukci. Následuje přehled samopalů rodiny Škorpion, ze kterých je vybrána předloha. Na základě předlohy je navržena nová zbraň kategorie PDW. Dále jsou provedeny pevnostní výpočet hlavně, výpočet hmotnosti závěru, sestavení funkčního diagramu a výpočet parametrů podávacího ústrojí. Závěrem je zhodnocena navržená zbraň a uvedeny její technické parametry.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

DOBIÁŠ, J. *Reconstruction of the Submachine Gun CZ Scorpion and Design of the PDW Gun: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2020, 66 s. Thesis head: Procházka, S.

This bachelor thesis deals with reconstruction of CZ Scorpion submachine gun into PDW gun. The first part describes evolution of guns in PDW category. Next part provides overview of most common PDW calibers and selection of suitable cartridge is done there. Description of CZ Scorpion gun family follows. Based on selected CZ Scorpion gun a new PDW gun is designed. Next, barrel proof-load calculation, bolt mass calculation, functional diagram plot and magazine spring calculation are evaluated. In the conclusion technical parameters of the new designed PDW gun are discussed and evaluated.

Obsah

1	PDW	14
1.1	Historie a přehled zástupců PDW.....	14
1.2	Definice PDW a požadavky na tuto zbraň	20
1.2.1	Požadavkový list	21
2	Střelivo zbraní PDW a volba ráže pro rekonstrukci.....	22
2.1	5,7x28mm	22
2.2	4,6x30mm	23
2.3	6,5x25 CBJ	24
2.4	5,56x30mm MARS a 5,56x30mm MINSAS	24
2.5	5,8x21mm	25
2.6	6x35mm	26
2.7	.224 BOZ (5,56x23mm) a .224 VOB.....	26
2.8	4,38x30mm Libra.....	27
2.9	Výběr náboje pro rekonstrukci.....	28
3	Přehled samopalů Škorpion a volba předlohy rekonstrukce	29
3.1	Vz.61 Škorpion.....	29
3.2	CZ SCORPION EVO 3	32
3.3	Výběr předlohy pro rekonstrukci na PDW	33
4	Rekonstrukce zbraně – výpočtová část.....	34
4.1	Rekonstrukce hlavně	34
4.1.1	Stanovení konstrukčního tlaku p_k	34
4.1.2	Stanovení pružného odporu p_e a pevnostní kontrola	35
4.1.3	Uložení hlavně v pouzdře závěru	38
4.1.4	Další úpravy hlavně	39
4.2	Rekonstrukce závěru	41
4.2.1	Stanovení hmotnosti závěru	41
4.2.2	Další úpravy závěru a spoluunášených součástí	42
4.2.3	Cyklogram.....	43
4.2.4	Funkční diagram	44
4.3	Návrh zásobníku.....	52

5	Rekonstrukce zbraně – popisná část.....	54
5.1	Rám	54
5.2	Pouzdro závěru.....	55
5.3	Spoušťový a bicí mechanismus	56
5.4	Ramenní opěra	57
6	Zhodnocení navržené zbraně	59
7	Závěr	61
8	Citace	62
9	Bibliografie	65
10	Seznam příloh	66

Seznam použitých značek a symbolů

c_{pz}	Tuhost pružiny zásobníku	[N/mm]
E_{kz}	Kinetická energie závěru	[J]
f_{nb}	Součinitel tření závěr-náboj/náboj-zásobník	[1]
F_{bp}	Síla bicí pružiny	[N]
F_{pp}	Síla v předsvuných pružinách	[N]
F_{tk}	Třecí síla na kladívku	[N]
F_{tpo}	Třecí síla na podávaném náboji	[N]
F_{tv}	Třecí síla ve vedení závěru	[N]
F_{tz}	Třecí síla na zásobníku	[N]
F_{pz}	Síla pružiny v zásobníku	[N]
g	Tíhové zrychlení	[m·s ⁻²]
I_H	Impulz síly od výstřelu	[N·s]
I_{Hq}	Impulz od výstřelu v období pohybu střely v hlavni	[N·s]
$I_{H\omega}$	Impulz od výstřelu v období dodatečného účinku prachových plynů	[N·s]
I_k	Hmotový moment setrvačnosti kladívka k ose rotace	[kg·m ²]
k_b	Koeficient bezpečnosti hlavně	[1]
k_{bsk}	Skutečný koeficient bezpečnosti hlavně	[1]
k_{tp}	Koeficient bezpečnosti délky doby podání	[1]
l	Dráha s počátkem u dna nábojové komory	[mm]
l'	Dráha s počátkem u dna střely	[mm]
l_d	Vzdálenost dna nábojové komory od dna usazené střely	[mm]
l_{pz}	Rozdíl pracovních délek pružiny zásobníku	[mm]
m'_{bp}	Hmotnost bicí pružiny	[kg]
m_{bpred}	Redukovaná hmotnost bicí pružiny	[kg]
m_c	Celková pohybující se hmotnost	[kg]
m_{kred}	Redukovaná hmotnost kladívka	[kg]
m_n	Celková urychlovaná hmotnost v zásobníku	[kg]
m_{nb}	Hmotnost nového náboje	[kg]
m_{nbc}	Hmotnost vystřelené nábojnice	[kg]
m_{pd}	Hmotnost podavače	[kg]
m_{pz}	Hmotnost pružiny zásobníku	[kg]
m_{vedeni}	Hmotnost částí spoluunášených bicí pružinou	[kg]
m_z	Hmotnost závěru a spoluunášených částí	[kg]
m'_z	Hmotnost tělesa závěru	[kg]
n	Počet nábojů v zásobníku	[1]

p	Tlak	[MPa]
p_e	Pružný odpor hlavně	[MPa]
p_k	Konstrukční tlak	[MPa]
p_{ob}	Tlak obalové křivky	[MPa]
r_{bp}	Vzdálenost bodu uchycení bicí pružiny od osy otáčení kladívka	[mm]
r_k	Vzdálenost kontaktního bodu závěru a kladívka od osy otáčení kladívka	[mm]
r_1	Vnitřní poloměr hlavně	[mm]
r_2	Vnější poloměr hlavně	[mm]
r_2'	Minimální vnější poloměr hlavně	[mm]
R_{bp}	Rameno bicí pružiny k ose otáčení kladívka	[mm]
R_e	Mez kluzu materiálu hlavně v tahu	[MPa]
R_k'	Rameno kontaktního bodu závěru a kladívka k ose otáčení kladívka ve vodorovném směru	[mm]
s	Vertikální posuv náboje při podání	[mm]
t	Čas	[s]
T	Teplota	[°C]
t_p	Délka podání náboje zásobníkem	[s]
v	Rychlost	[m·s ⁻¹]
v_0	Ústřední rychlost střely	[m·s ⁻¹]
v_{dopad}	Dopadová rychlost závěru v zadní úvrati	[m·s ⁻¹]
v_{odraz}	Odrážová rychlost v zadní úvrati	[m·s ⁻¹]
v_z	Rychlost závěru	[m·s ⁻¹]
v_{zmax}	Maximální dovolená rychlost závěru	[m·s ⁻¹]
W_{bp}	Práce bicí pružiny	[J]
W_{po}	Práce spotřebovaná na podání nového náboje	[J]
W_{pp}	Práce představných pružin	[J]
W_{tk}	Práce tření na kladívku	[J]
W_{tv}	Práce třecích sil vedení	[J]
W_{tz}	Práce třecích sil od zásobníku	[J]
x	Dráha závěru	[mm]
α	Poměr meze kluzu a pružného odporu	[1]
β	Součinitel odrazu	[1]
β_{pp}	Součinitel dodatečného účinku prachových plynů	[1]
Δt_z	Časové okno pro podání náboje	[s]
σ_{dov}	Dovolené napětí	[MPa]
σ_R	Radiální napětí ve stěně tlustostěnné nádoby	[MPa]
σ_{red}	Redukované napětí podle HMM	[MPa]

σ_T	Tečné napětí ve stěně tlustostěnné nádoby	[MPa]
φ	Součinitel fiktivnosti hmotnosti závěru	[1]
φ_{pp}	Součinitel účinnosti předsvuných pružin při rozpínání	[1]

Úvod

S vývojem společnosti, vzrůstající technologickou pokročilostí a změnami vojenských taktik dochází i ke změnám požadavků na výzbroj ozbrojených sborů. Tam, kde dříve dostačovala dlouhá zbraň na výkonný puškový náboj, se nyní klade důraz například na nízkou hmotnost, kompaktnost, slabý zpětný ráz, ale i mnoho dalších aspektů, které klasická puška splní jen stěží. Toto nezvratně vedlo a zajisté i nadále povede ke vzniku mnoha rozlišných kategorií zbraní naplňujících konkrétní kombinace požadavků. Jednou z nich je i PDW (osobní obranná zbraň), které, zjednodušeně řečeno, vylepšuje nedostatky samopalů v oblasti výkonnosti použitého náboje.

V produkci českých podniků se s kategorií PDW téměř nelze setkat, avšak v minulosti zde bylo vytvořeno nemálo zbraní, které alespoň částečně naplňují požadavky na zbraň této kategorie. Mezi nejznámější patří rodina samopalů nesoucích název Škorpion, které jsou od 60. let minulého století produkovány Českou zbrojovkou Uherský Brod. Cílem této práce je skombinovat nápaditou konstrukci těchto legend se soudobými technologiemi a výkonnějším PDW střelivem a vytvořit tak další generaci Škorpionu vyhovující moderním požadavkům.

První část práce obsahuje samotnou definici PDW, stručnou historii a přehled nejznámějších zbraní této kategorie. Dále je pojednáno o střelivu používaném v těchto zbraních a z uvedených ráží je zvolena jedna pro použití v rekonstrukci. Následuje přehled a popis jednotlivých verzí samopalů Škorpion a výběr vhodné předlohy rekonstrukce. Další část se zabývá samotným návrhem rekonstruované zbraně PDW. Její první polovina obsahuje návrh všech součástí vycházejících z výpočtů včetně těchto výpočtů, druhá polovina pak obsahuje koncepty dalších součástí, které v rámci této práce nejsou početně ověřovány. Závěrem je uvedeno zhodnocení navržené zbraně PDW.

1 PDW

PDW je zkratkou anglických slov Personal Defence Weapon přeložených do češtiny jako „Osobní Obranná Zbraň“. V širším slova smyslu je tento termín užíván pro jakoukoliv zbraň nošenou jednotlivcem primárně určenou k jeho vlastní obraně. Z tohoto pohledu mohou být jako PDW označeny pistole, kompaktnější samopaly ale také zbraně jiného než střelného charakteru, jako například pepřové spreje nebo obušky. V užším slova smyslu se, v současnosti stále častěji, zkratka PDW užívá pro označení kategorie zbraní na pomezí samopalů a útočných pušek s blíže specifikovanými takticko-technickými vlastnostmi.

1.1 Historie a přehled zástupců PDW

Za jednoho z prvních předchůdců soudobých zbraní označovaných jako PDW lze považovat karabinu M1. Tato zbraň byla navržena ve 40. letech minulého století na základě požadavků na zbraň pro podpůrné jednotky nepřímo se účastnící bojů. K vznesení požadavku americké armády na novou zbraň vedlo zejména narůstající množství německých přepadů s využitím kluzáků daleko za frontovou linií. (1) V té době byla ve standardní výzbroji amerického vojáka puška M1 Garand, ta se však pro podpůrné jednotky jako např. ženisty, radisty, dělostřelce či kuchaře ukázala jako příliš těžká a neohrabaná, narušující plnění jejich primárních úkolů. Pro řidiče bylo téměř nemožné s ní, v případě ohrožení, ve stísněných prostorech vozidla jakkoliv manipulovat. Na druhé straně pistole M1911 či samopaly Thompson ráže .45ACP, které se od M1 Garand, co se hmotnosti týče, zásadně nelišily, postrádaly dostatečný efektivní dostřel a přesnost.

Řešením výše zmíněných požadavků byla karabina M1, která přinesla redukci hmotnosti na polovinu (oproti M1 Garand a samopalu Thomson), zkrácení délky o 200 mm (zejména na úkor délky hlavně) a především byla komorována na svůj vlastní nový náboj .30 Carbine (7,62x33mm). .30 Carbine je řazen mezi slabší puškové bezokrajové náboje, energie jeho střely odpovídá přibližně dvojnásobku .45ACP a třetině .30-06 Springfield užívaného v M1 Garand. (2) Karabina M1 splňuje většinu kritérií, podle kterých můžeme definovat zbraň kategorie PDW: Kompaktnost a lepší ovladatelnost v porovnání s útočnou puškou, speciálně navržený náboj a větší výkon v porovnání s pistolí či samopalem. Z tohoto pohledu lze říci, že se jedná o první používanou zbraň této kategorie. (2)

Stejné požadavky na osobní obrannou zbraň pro podpůrné jednotky postupně vznikaly ve všech světových armádách. Za zmínku stojí zbraně jako například izraelské samopaly UZI vyvíjené na přelomu 40. a 50. let minulého století. Ty díky své skladnosti získaly oblibu především u tankistů, dělostřelců či speciálních jednotek, které je s úspěchem užívaly k čištění syrských a jordánských bunkrů během šestidenní války. (3) Použit byl pistolový náboj 9x19mm Luger (9mm Parabellum), který byl pro boj v uzavřených prostorách plně dostačující. Tato zbraň je klasifikována, zejména díky použitému pistolovému náboji, jako samopal, nicméně z hlediska použití ji lze označit jako PDW.

Obdobnou tendenci měl i vývoj v Československu. Koncem 50. let se začalo s prací na návrhu zbraně na popud československého ministerstva vnitra. Požadavkem bylo vytvořit takovou zbraň, která

by byla dostatečně skladná a mohla být použita u útvarů, u kterých použití zavedených útočných pušek vz.58 vylučovala jejich neskladnost, nebo zbytečně vysoký výkon. Samopal byl komorován pro náboj 7,65 Browning (7,65x17mm), který byl už v té době považován za poměrně slabý, tento nedostatek byl však vyvažován nízkou hmotností zbraně (1,3kg), snadnou ovladatelností, skladností a rychlostí palby. (4)

Relativně nízký výkon a malý dostřel zvolené ráže jsou postačující pro boj v uzavřených místnostech, kompaktnost pak zajišťuje snadnou manipulaci i ve stísněných prostorách. Tyto aspekty jej předurčily k zařazení do výzbroje zejména příslušníků Sboru národní bezpečnosti, kterým sloužil jako druhá zbraň, příslušníků Sboru nápravné výchovy a dále také vybraných specialistů československé armády – průzkumných, strážních a speciálních jednotek, které mohly ocenit i možnost poměrně snadného odhlučnění zvolené ráže pomocí tlumičů hluku výstřelu. (4)

Tato zbraň je obecně označována za samopal s tím, že se chýlí blíže ke kategorii pistole, často je možné se také setkat s označením „samočinná pistole“.

Zásadním obdobím pro vývoj zbraní kategorie PDW byl přelom 80. a 90. let. Standardizovaný náboj NATO 9mm Luger začal být tvář v tvář rychle se rozvíjejícímu odvětví osobních balistických ochranných prostředků neúčinný. Stále se zvyšující odolnost balistických ochran a jejich vzrůstající užití ve světových armádách vedlo NATO roku 1989 k vydání dokumentu D/296, ve kterém specifikovalo požadavky na dva nové zbraňové systémy souhrnně označené „Personal Defence Weapon“ určené pro osobní ochranu poslední instance při napadení nepřítelem. Jeden ze systémů měla být krátká zbraň pro střelbu z ramene, druhý pak zbraň pro střelbu z ruky – pistole. Dokument specifikoval tyto požadavky:

- I. Náboj musí mít větší efektivní dostřel, musí být přesnější a mít vyšší účinek v cíli než 9mm Luger, navíc musí být schopný překonat balistickou ochranu jednotlivce (5), pro kterou byl stanoven referenční cíl označovaný CRISAT (zkratka výzkumného programu NATO „Collaborative Research Into Small Arms Technology“). Cíl CRISAT je tvořen 1,6mm vrstvou titanového plechu a 20 vrstvami kevlaru a odpovídá odolnosti balistických ochran používaných v té době státy varšavské smlouvy. (2)
- II. Zbraň pro střelbu z ramene musí mít hmotnost pod 3 kg a kapacitu zásobníku alespoň 20 nábojů. (5)
- III. Zbraň pro střelbu z ruky (pistole) musí mít hmotnost pod 1 kg (preferovaných 700 g) a kapacitu zásobníku alespoň 20 nábojů. (5)
- IV. Obě zbraně musí být dostatečně kompaktní a umožnit nošení na těle bez nutnosti přidržování rukou za všech okolností, ať už v kabině vozidla či v kokpitu letadla. Zároveň musí být použitelné ve všech prostředích a za jakéhokoliv počasí. (5)

První s odpovědí na vznesené požadavky přišla belgická firma Fabrique Nationale Herstal (FN Herstal). Představená zbraň nese označení FN P90 (Obrázek 1.1). Jedná se o zbraň konstrukce bullpup s dynamickým závěrem, která je na svou dobu velice inovativní, a to nejen svým vzhledem, ale také rozsáhlým užitím polymerů a unikátním řešením zásobníku s kapacitou 50 nábojů. S 50,5 cm délkou a hmotností 2,6 kg se jedná o velmi kompaktní a lehkou zbraň, která se rozšířila do bezpečnostních

složek mnoha zemí, ať už jako PDW v pravém slova smyslu u podpůrných jednotek nebo jako oblíbená zbraň speciálních sil a protiteroristických komand. V závěsu za P90 byla zkonstruována pistole označená FN Five-seveN, která nese obdobné pokrokové vlastnosti jako P90 a doplňuje ji coby sekundární zbraň dle požadavku NATO. Společným srdcem obou systémů je zcela nový vysokorychlostní náboj 5,7x28mm speciálně navržený pro PDW (6), který bude blíže popsán v následující kapitole.



Ráže	5,7x28mm
Hmotnost	2,6 kg
Délka zbraně	505/666 mm
Délka hlavně	264/407 mm
Kapacita zásobníku	50 ks
Kadence	900 ran/min
Efektivní dostřel	200 m

Obrázek 1.1 - FN P90 (7)

S druhým návrhem označeným MP7 (Obrázek 1.2) přišla na přelomu tisíciletí německá společnost Heckler & Koch. Ta se vydala cestou promítnutí všech požadavků do jediného zbraňového systému. MP7 je prezentována jako spojení pistole a samopalu do jediné zbraně. Její nízká hmotnost (1,9 kg) a umístění těžiště umožňuje její použití pro střelbu jednou rukou. Po vysunutí teleskopické ramenní opěrky a sklopení přední ručky je možné s ní zacházet jako se samopalem. V konstrukci zbraně je, stejně jako u P90, hojně využito polymerů a systém pracuje se speciálně navrženým nábojem 4,6x30mm. (7)



Ráže	4,6x30mm
Hmotnost	1,9 kg
Délka zbraně	415 mm
Délka hlavně	180 mm
Kapacita zásobníku	20 ks
Kadence	950 ran/min
Efektivní dostřel	150-200 m

Obrázek 1.2 - Heckler & Koch MP7A1 (8)

Dva výše zmínění zástupci kategorie PDW jsou zpravidla považováni za čistokrevné PDW, protože splňují všechna kritéria, která budou specifikována v další podkapitole. Společným znakem bránícím těmto zbraním v úplném ovládnutí scény ručních palných zbraní je, navzdory jejich až neskutečným parametrům, jejich specifická ráže. Náboje do těchto zbraní jsou vyráběny omezeným množstvím výrobců a pro konkrétní jediný zbraňový systém (v případě FN Hertsal pro dva), což se negativně podepisuje na jejich ceně, a tedy důvod jejich omezené popularity je zejména ekonomický.

Během následujících let se objevilo několik dalších zbraní, které jsou více či méně často klasifikovány jako PDW. Následuje výběr nejvýznamnějších z nich.

CBJ MS (Obrázek 1.3) je malá ruční zbraň švédské provenience navržená počátkem 21. století. Jedná se o malý samopal s dynamickým závěrem konstrukčně odvozený z izraelského samopalu UZI. Samopal je konstruován na ráži 9mm Luger, krokem směrem ke kategorii PDW je možnost rychlé konverze zbraně na ráži 6,5x25mm CBJ. Tento náboj je klasifikován jako pistolový, primárně se však jedná o verzi s průraznou podkaliberní wolframovou střelou v plastovém vodícím pouzdře, která je schopná penetrovat cíl CRISAT na 230 m (při výstřelu z hlavně délky 200 mm). Výhodou tohoto náboje je možnost užití ve všech systémech konstruovaných pro 9mm Luger (po výměně hlavně) díky jejich shodným pracovním rozměrům i stejné hybnosti střely. (9)



Ráže	6,5x25mm
Hmotnost	2,8 kg
Délka zbraně	363 mm
Délka hlavně	200 mm
Kapacita zásobníku	20/30/100 ks
Kadence	700 ran/min
Efektivní dostřel	400 m

Obrázek 1.3 - CBJ-MS PDW (9)

QCQ-05 (Obrázek 1.4) je čínský samopal konstrukce bullpup, který užívá vysokorychlostní náboj 5,8x21mm navržený během 90. let. Jeho ranivý účinek je srovnatelný s 9mm Luger avšak v porovnání s evropskými PDW rážemi 5,7x28mm a 4,6x30mm má nižší energii. Jeho výhodou je relativně plochá křivka průběhu energie střely v závislosti na dráze. Zbraň využívá čtyřřadé zásobníky, které pojmu 50 nábojů. Pro stejnou ráži byla navržena i pistole QSZ-92. (10)



Ráže	5,8x21mm
Hmotnost	2,2 kg
Délka zbraně	500 mm
Délka hlavně	250 mm
Kapacita zásobníku	50 ks
Kadence	900 ran/min
Efektivní dostřel	50 m

Obrázek 1.4 - QCQ-05 (11)

Indie od roku 2005 pracovala na návrhu karabiny Amogh, která však nebyla příliš úspěšná a po testech byla indickou armádou odmítnuta. V následujících letech Indie přišla se zbraní označenou MSMC (Modern Sub Machine Carabine, Obrázek 1.5). V tomto případě se jedná o zbraň konstrukčně

podobnou samopalu UZI, na rozdíl od karabiny Amogh, která vychází (přes několik mezistupňů) z AK-47. Obě zbraně byly zkonstruovány pro náboj 5,56x30mm MINSAS (odvozen od experimentálního amerického náboje 5,56x30 MARS z konce 90. let). Náboj 5,56x30mm je navržen pro boj v uzavřených prostorách a má zvýšenou schopnost penetrace osobních ochranných prostředků. MSMC je v současnosti používána některými útvary indické policie jako PDW. (12) (13)



Ráže	5,56x30mm
Hmotnost	3 kg
Délka zbraně	500 mm
Délka hlavně	300 mm
Kapacita zásobníku	50 ks
Kadence	800 ran/min
Efektivní dostřel	200 m

Obrázek 1.5 - Modern Sub Machine Carbine (14)

V roce 2006 představila americká firma Knight's Armament Company (KAC) náboj 6x35mm KAC (6x35mm TSWG – Technical Support Working Group – americký meziagenturní program pro výzkum a rozvoj boje proti terorismu). Tento náboj měl vyřešit všechny nedostatky klasických PDW ráží 5,7x28mm a 4,6x30mm, zejména zvýšit ranivý účinek v cíli po průchodu balistickou ochranou. Oproti PDW rážím má 6x35mm více než dvojnásobnou energii střely, navíc byl optimalizován pro velmi krátké hlavně (200 mm) a tedy při výstřelu nedochází k silnému záblesku a třesku od dohořívajících zrn prachové náplně. Souběžně s nábojem byla vyvinuta i experimentální zbraň označovaná jednoduše jako Knight's Armament Company PDW (Obrázek 1.6), ve které je komorován. Zbraň byla navržena také pro použití puškového náboje .300 AAC Blackout (7,62x35mm). KAC PDW svými kompaktními rozměry a velkým účinným dostřelem překlenuje oblast mezi samopalem a útočnou puškou. (15) (16)



Ráže	6x35mm
Hmotnost	2 kg
Délka zbraně	710 mm
Délka hlavně	254 mm
Kapacita zásobníku	30 ks
Kadence	700 ran/min
Efektivní dostřel	250-300 m

Obrázek 1.6 - Knight's Armament Company PDW (16)

PP-2000 (Obrázek 1.7) je ruský samopal poprvé představený v roce 2004. Byl navržen jako přímý konkurent FN P90 a HK MP7 v kategorii PDW. Jedná se o samopal komorovaný na 9mm Luger, primárně je však konstruován na střelbu speciálně vyvinutými náboji 9x19mm ZN21 resp. ZN31. Tyto náboje mají zvýšený maximální tlak (+P+) a speciální střelu se zvýšenou průrazností osobních

ochranných prostředků ale zároveň zachovaným zastavujícím účinkem proti měkkým cílům. S tímto střelivem může PP-2000 přímo konkurovat výše zmíněným PDW, zároveň je však možné, například při nedostupnosti tohoto střeliva, použít konvenční náboje 9mm Luger. Zbraň byla konstruována se záměrem použití speciálními útvary, pořádkovou policií a jako PDW pro podpůrné vojenské jednotky. (17) (18)



Ráže	9x19mm (7N21, 7N31)
Hmotnost	1,4 kg
Délka zbraně	340 mm
Délka hlavně	182 mm
Kapacita zásobníku	20/44 ks
Kadence	600 ran/min
Efektivní dostřel	200 m

Obrázek 1.7 – PP-2000 (17)

1.2 Definice PDW a požadavky na tuto zbraň

Mnoho zbraní je v současnosti označováno za „PDW“ i když se jedná o klasické samopaly či útočné pušky. Je to dáno zejména tím, že neexistuje žádná oficiální, pevná definice této kategorie a každý výrobce i uživatel si ji vykládá po svém. V této podkapitole jsou shrnuta kritéria z různých zdrojů a zformulována v komplexní definici zbraně PDW.

„PDW je zbraň pro střelbu z ramene, velmi podobná automatické pistoli, ..., s velkou kapacitou zásobníku a střílí lahvovité náboje velmi malé ráže, které jsou mnohem kratší a s nižším výkonem než náboje útočných pušek.“ (19) (přeloženo)

PDW reprezentuje novou třídu zbraní, které by měly být výkonné jako puška, ale zároveň snadno manipulovatelné a nošené jako samopal. (20)

„Moderní osobní obranná zbraň je puška s krátkou hlavní (SBR short barreled rifle) komorovaná na ráži výkonnější než typický pistolový náboj. PDW má zpravidla možnost volby režimu střelby.“ (8) (přeloženo)

PDW zpravidla střílí vlastní specifický průrazný náboj, který spadá na pomezí puškového a pistolového střeliva. Zbraně této třídy leží někde mezi pistolí a karabinou. (21)

Z dokumentu NATO D/296 vyplývá, že PDW je zbraň jejíž náboj musí mít větší efektivní dostřel, musí být přesnější a mít vyšší účinek v cíli než 9mm Luger, navíc musí být schopný překonat balistickou ochranu jednotlivce. Zbraň musí být dostatečně kompaktní, s váhou pod 3 kg a musí za všech okolností umožnit nošení na těle bez nutnosti přidržování rukou. Kapacita zásobníku zbraně musí být minimálně 20 nábojů.

Shrnující definice skupiny zbraní PDW:

PDW je automatická zbraň s krátkou hlavní pro střelbu z ramene, ne nepodobná samopalu, s kapacitou zásobníku alespoň 20 nábojů, komorovaná na náboj malé ráže (do 6 mm), výkonnější než 9mm Luger, schopný pronikat osobní balistickou ochranou, avšak méně výkonný než puškový náboj. Je to zbraň kompaktních rozměrů o hmotnosti pod 3 kg umožňující nošení na těle a snadnou manipulaci i za ztížených podmínek.

1.2.1 Požadavkový list

V této části jsou rámcově formulovány základní požadavky na zbraň kategorie PDW, které budou aplikovány i při rekonstrukci zbraně dále v této práci. Požadavky na zbraň jsou formulovány z pohledu využití v armádě jako osobní obranná zbraň podpůrných jednotek tak, jak bylo zamýšleno v dokumentu NATO D/296 z 90. let. Rozdělení požadavků do tříd je inspirováno metodickým postupem dle (22).

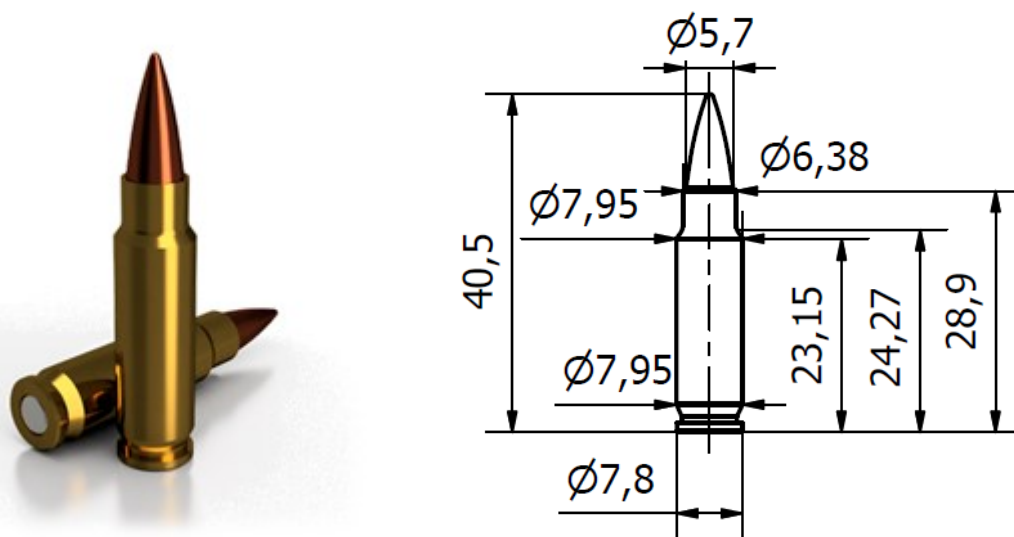
- I. Základní funkce: Zbraň musí být schopna střelby tak, aby byla schopna prostřelit balistickou ochranu jednotlivce a poté mít dostatečný účinek v cíli. Zároveň musí mít dostatečný účinek i na měkký cíl. Zbraň musí umožnit volbu režimu střelby jednotlivě nebo dávkou. Kapacita zásobníku musí být minimálně 20 nábojů. Zbraň musí umožnit zamíření na cíl. Na tělo zbraně musí být možné upevnit přídatná zařízení jako zaměřovače, svítilny atp. zbraň musí umožnit uložení do pouzdra nebo zavěšení na popruh pro nošení na těle.
- II. Základní funkční parametry: Efektivní dostřel musí být alespoň 200 m při současném splnění požadavků průraznosti a účinku v cíli. Průnik střely za panel CRISAT a následně do balistického gelu alespoň 150 mm. Délka zbraně nesmí přesáhnout 400 mm. Hmotnost prázdné zbraně nesmí přesáhnout 1,5 kg.
- III. Provozní vlastnosti: Zbraň musí být spolehlivá za všech povětrnostních podmínek, schopná pracovat i při mírném znečištění. Životnost musí být alespoň 25 000 výstřelů. Zbraň musí být rozebíratelná a snadno přístupná pro údržbu a čištění. Zbraň může umožnit složení do kompaktnějšího celku vhodného k transportu či skladování.
- IV. Ergonomické vlastnosti: Zbraň musí umožnit přirozený úchop a intuitivní zamíření i při ztížených podmínkách, nesmí mít ostré hrany, které by mohly bránit rychlému tasení či jinak negativně ovlivnit její používání. Zbraň musí být vybavena pojistkou proti nechtěnému výstřelu. Ovládací prvky musí být snadno dostupné z primárního úchopu a musí být vhodné pro ovládání pravou i levou rukou. Unikající plyny a vyhozená nábojnice nesmí mířit do obličejové oblasti střelce ani jej jinak omezovat.
- V. Vzhledové vlastnosti: Zbraň by měla být moderního funkčního vzhledu s jasně definovanými ovládacími a bezpečnostními prvky.
- VI. Výrobní a distribuční vlastnosti: Zbraň bude vyráběna sériově v přiměřené časové lhůtě. Výroba musí být ekonomická, využívající běžných prostředků, bez použití speciální technologie či speciálních materiálů. Zbraň musí být skladná, balena v přepravním boxu minimálních rozměrů.
- VII. Respektování zákonů, předpisů a norem: Zbraň musí respektovat závazné normy týkající se oblasti zbraní a střeliva.
- VIII. Ekonomické vlastnosti: Provoz zbraně nesmí být nepřiměřeně nákladný. Běžná údržba nesmí vyžadovat další investice.
- IX. Vhodnost pro likvidaci: Zbraň musí být vyrobena ze snadno recyklovatelných materiálů.

2 Střelivo zbraní PDW a volba ráže pro rekonstrukci

V této kapitole je uveden stručný přehled nejvýznamnějších nábojů používaných ve zbraních kategorie PDW. Tuto skupinu střeliva lze obecně charakterizovat jako lahvovitě bezokrajové náboje malé ráže (často se lze setkat s označením „mikroráže“) se středovým zápalem, menšího výkonu než náboje puškové a většího než náboje pistolové. Dalším společným znakem je jejich schopnost překonávat balistické ochrany na vzdálenosti do přibližně 250 m.

2.1 5,7x28mm

Náboj 5,7x28mm (Obrázek 2.1) je produktem belgické FN Herstal, která jej vyvinula pro svůj systém FN P90 a Five-seveN během 90. let. Jedná se o lahvovitý bezokrajový vysokorychlostní náboj se střelou malé ráže, bezdýmným prachem a centrálním zápalem. Celková hmotnost náboje je 6 g, což je polovina v porovnání s hmotností náboje 9x19mm Luger, nábojnice je v nejširším místě téměř o 3 mm užší než 9x19mm. Toto umožňuje konstrukci zásobníků s vyšší kapacitou při zachování přijatelné hmotnosti i vnějších rozměrů.



Obrázek 2.1 - 5,7x28mm

Standardní celoplašťová ogivální střela hmotnosti 2 g má hliníkové jádro a ocelovou špičku, z hlavní délky 264 mm (FN P90) vylétá rychlostí 716 m/s. Energie střely na ústí je 534 J. Tato verze je označována jako průrazná a dokáže prorazit cíl CRISAT nebo kevlarovou vestu třídy IIIA na vzdálenost až 200 m. (23) Střela letí, díky své vysoké rychlosti, po ploché dráze a ve vzdálenosti 200 m a více poměrně radikálně ztrácí energii. Rychlý pokles energie je vhodný z pohledu omezení vedlejších ztrát v případě minutí cíle. Tomu také napomáhá snížení rizika průstřelu, střela proniká balistickou želatinou do 350 mm. (23) Účinek v cíli je zajištěn zejména destabilizací střely, která se při průniku měkkou tkání překlápá a tím rozšiřuje střelný kanál. Zpětný ráz je v porovnání s 9x19mm nižší, zbraň se chová klidněji i při střelbě dávkou. Nepřítomnost toxického olova ve střele pak snižuje dopad na životní prostředí.

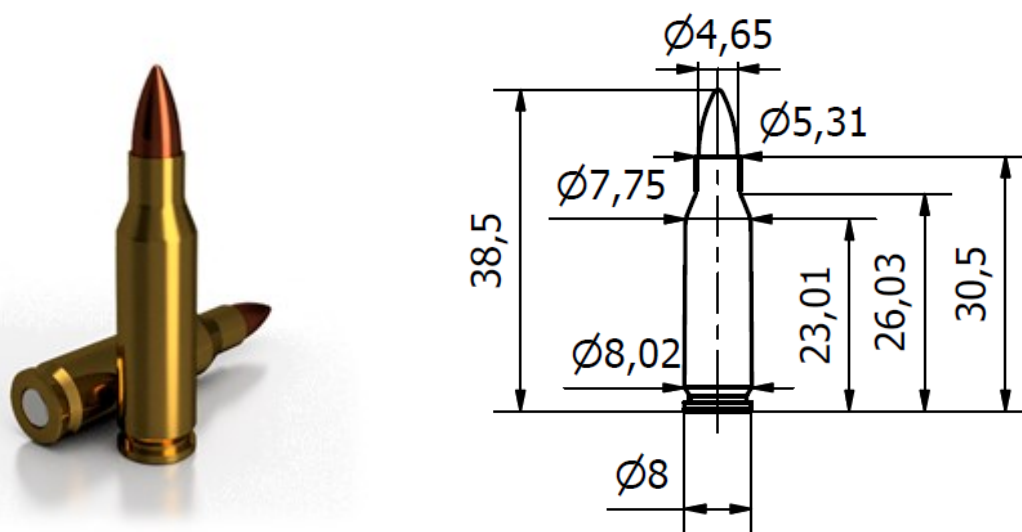
Na přelomu tisíciletí provedlo NATO sérii testů pro porovnání ráží 5,7x28mm a 4,6x30mm a možnost zavedení standardizovaného PDW náboje v rámci organizace. Z testu vyšel vítězně první

z nábojů se 127 body proti 107 bodům pro 4,6x30mm. Podle testů má 5,7x28mm větší účinek proti měkkým cílům a srovnatelný účinek proti obrněným cílům. Vnitrobalistický průběh méně namáhá hlaveň a je méně náchylný k teplotním výkyvům. Dalším s kladných aspektů hodnocení byla podobnost výrobního procesu se standardizovaným nábojem 5,56x45mm a tedy možnost použití stávajících výrobních linek. (24)

V současnosti je tento náboj kromě FN P90 užíván i v rozšiřujícím se počtu zbraní dalších výrobců. Samotný náboj je na trh dodáván v několika verzích třemi většími producenty: FN Herstal (Belgie), Fiocchi (Itálie) a Federal Ammunition (USA) a několika drobnějšími firmami jako např. R&R Weapon Systems (USA).

2.2 4,6x30mm

Tento lahvovitý bezokrajový vysokorychlostní náboj malé ráže (Obrázek 2.2) byl navržen pro německý systém HK MP7, ve spolupráci s britskou Royal Ordnance Factory, Radway Green, jako konkurence výše popsaného náboje 5,7x28mm. Se svým protějškem se v mnoha parametrech velice podobají. Celková hmotnost náboje je 6,3 g a průměr v nejširším místě je 8 mm, to mu dává oproti 9x19mm srovnatelné výhody.



Obrázek 2.2 – 4,6x30mm

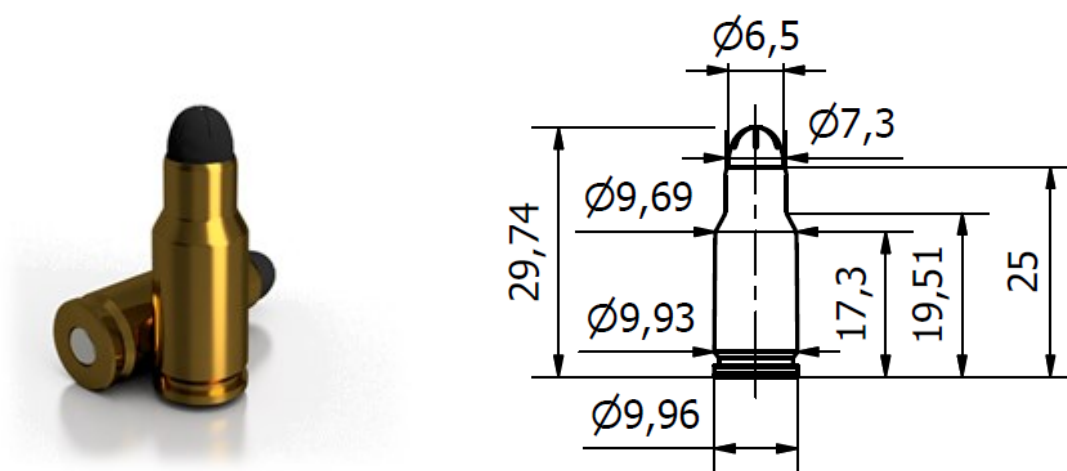
Základní verze náboje má 2,7g celooceľovou střelu s mosazným polopláštěm, která je ze 180mm hlavně vymetena rychlostí 685 m/s a má energii 476 J. Jedná se o průbojnou verzi dle výrobce schopnou až na 200 m prostřelit cíl CRISAT. Spolehlivý účinek proti chráněným i nechráněným cílům je udáván do 150 m. Do balistické želatiny pak proniká 250 až 350 mm a riziko průstřelu cíle je nízké. Dráha střely je obdobně plochá a za účinným dostřelem dochází k rapidní ztrátě energie. Zpětný ráz je přibližně o třetinu nižší oproti 9x19mm Luger a střelba je klidnější. Bezolovnatá střela a netoxická zápalka jsou přívětivější k životnímu prostředí. (25)

V porovnávacím testování NATO byl svým konkurentem překonán zejména kvůli vyššímu maximálnímu tlaku (4000 bar), lehce nižšího účinného dostřelu a o něco slabšího účinku na měkký cíl. I přesto je tento náboj rozšířen po celém světě, a to zejména u bezpečnostních složek. (24) Tento náboj

je vyráběn v mnoha různých verzích a hlavními producenty jsou RUAG Ammotec (Švýcarsko), Fiocchi, BAE Systems (USA), Sellier & Bellot Vlašim (ČR).

2.3 6,5x25 CBJ

6,5x25mm CBJ (Obrázek 2.3) je lahvovitý náboj hmotnosti 7,5 g zkonstruovaný švédskou soukromou firmou CBJ Tech AB. Tento náboj je odvozen od nábojnice 9x19mm Luger, která je krčkem zredukována na ráži 6,5 mm. Základní verze má wolframovou podkaliberní střelu ráže 4 mm o hmotnosti 2 g uloženou do lehkého polymerového vodícího pouzdra. Vystřelena z 200mm hlavně má ústovou rychlost 830 m/s a energii přibližně 690 J. Střela je schopná prorazit cíl CRISAT na vzdálenost 230 m a ocelový plech tloušťky 7 mm na vzdálenost 50 m. CBJ Tech AB nabízí další řadu průrazných i neprůrazných střel pro různé použití. (9)



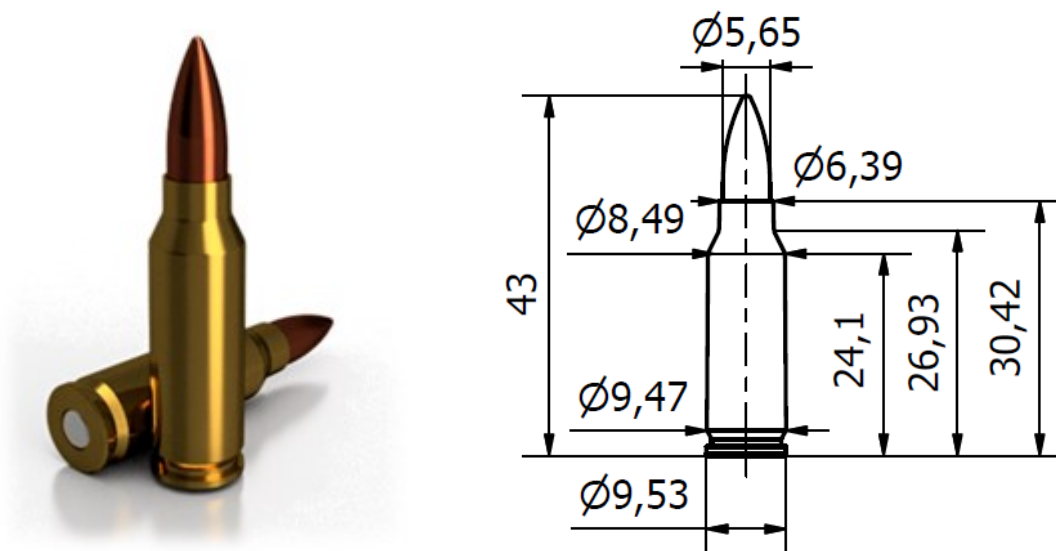
Obrázek 2.3 – 6,5x25mm CBJ

Tento náboj byl navržen tak, aby bylo možné jej použít v jakémkoliv zbrani komorované na 9x19mm Luger s nutností pouze výměny hlavně.

2.4 5,56x30mm MARS a 5,56x30mm MINSAS

Historie náboje 5,56x30mm MARS se píše od konce 90. let a je spjatá s americkou firmou Colt. Jedná se o jeden z prvních návrhů reagujících na požadavky na moderní PDW. Tento lahvovitý náboj malé ráže a střední rychlosti kombinuje vlastnosti puškových nábojů a střeliva používaného v samopalech. Střela hmotnosti 3,6 g má po výstřelu z hlavně délky 280 mm rychlost 800 m/s a energii 1 119 J. Tento náboj byl optimalizován pro největší účinnost při střelbě z krátké hlavně, použití bylo zamýšleno pouze ve zbraních pro střelbu z ramene, a nikoliv i pro pistole, jak je tomu u 5,7x28mm nebo 4,6x30mm. Tento náboj se nedočkal sériové produkce a zůstal jen ve stádiu experimentů. (26)

S velmi podobným nábojem označeným 5,56x30mm MINSAS (Obrázek 2.4) přišla po přelomu tisíciletí Indie. Střela s ocelovým jádrem o 2,6 g má na ústí 300 mm hlavně rychlost 650 m/s a energii 550 J. Účinný dostřel je uváděn až 300 m se schopností prorazit lehkou osobní ochranu. (12)

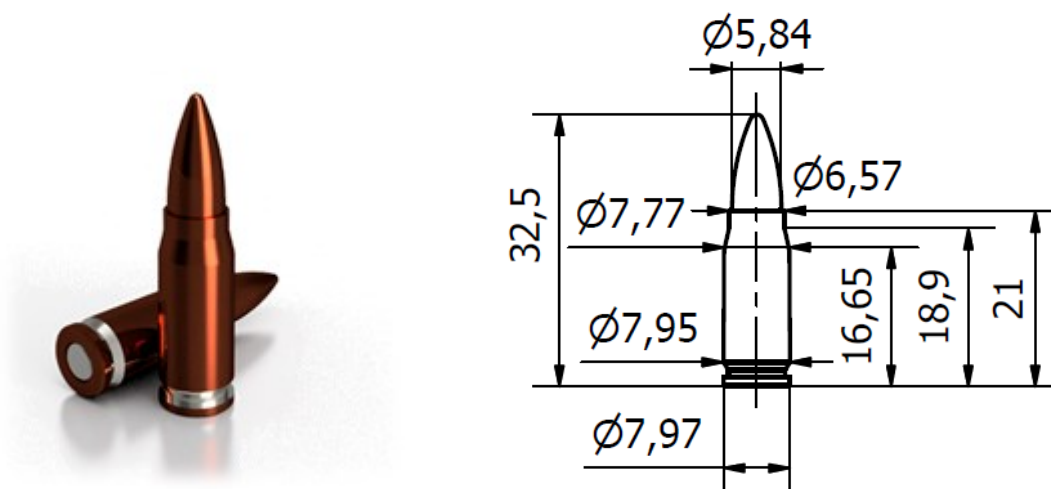


Obrázek 2.4 – 5,56x30mm MINSAS

Náboj je zařazen do služby u vybraných útvarů indické policie, produkován je pouze v Indii a o možnosti exportu do zahraničí momentálně nejsou dostupné žádné informace. (13)

2.5 5,8x21mm

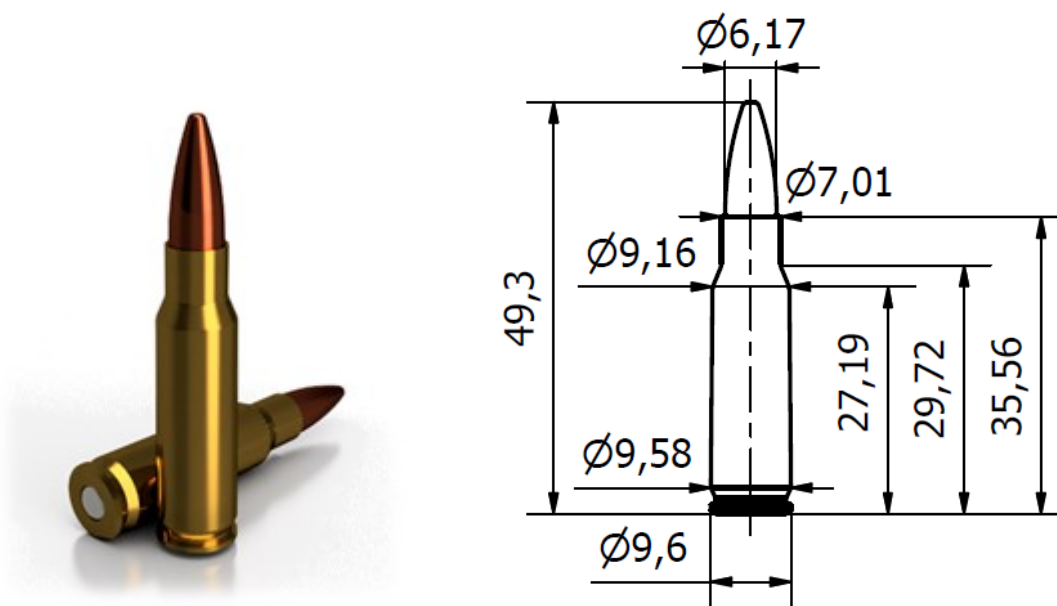
5,8x21mm (Obrázek 2.5) je lahvovitý náboj střední rychlosti a malé ráže vyvinutý čínskou společností Norinco. Tento náboj vznikl vývojem dle požadavků shodných s evropskými protějšky, v porovnání s nimi je ale méně výkonný a je vhodnější pro pistole. Plášťová střela se složeným ocelo-olověným jádrem o hmotnosti 3 g je 111mm hlavní urychlena na 480 m/s a má energii 345 J. Střela si během letu poměrně dobře zachovává energii i rychlost. Větší hmotnost střely oproti 5,7x28mm či 4,6x30mm způsobuje její rychlejší ztrátu výšky. (10) Průraznost střely je prezentovaná na schopnosti prostřelit standardní čínskou přílbu (1,3 mm ocel) a následně 5 cm borovicového dřeva na vzdálenost 100 m. (27) Zpětný ráz je minimální a optimalizací pro krátké hlavně byly eliminovány nežádoucí vizuální a akustické projevy na ústí. Tento náboj je použit pouze v pistoli a samopalech konstrukce Norinco a doposud nebyl nabídnut pro export.



Obrázek 2.5 – 5,8x21mm

2.6 6x35mm

6x35mm KAC/TSWG (Obrázek 2.6) byl vyvinut se zřetelem na kompenzaci slabin nábojů 5,7x28mm a 4,6x30mm, zejména zvýšení ranivého účinku po průchodu balistickou ochranou a větší optimalizaci pro střelbu z krátké hlavně. Jedná se o lahvovitý náboj hmotnosti 10,1 g, který se svými parametry více blíží sféře puškových nábojů. Biogivální střela s dutou špičkou o hmotnosti 4,2 g má na ústí hlavně dlouhé 250 mm rychlost 740 m/s a energii 1 127 J. Schopnost překonat balistickou ochranu jednotlivce je možná až na vzdálenost 300 m. V porovnání se standardními puškovými náboji NATO 5,56x45mm je optimalizován pro střelbu z velmi krátké hlavně tak, aby docházelo jen k minimálnímu třesku a záblesku na ústí. Zároveň se 6x35mm projevuje přijatelným zpětným rázem. (15) (16)



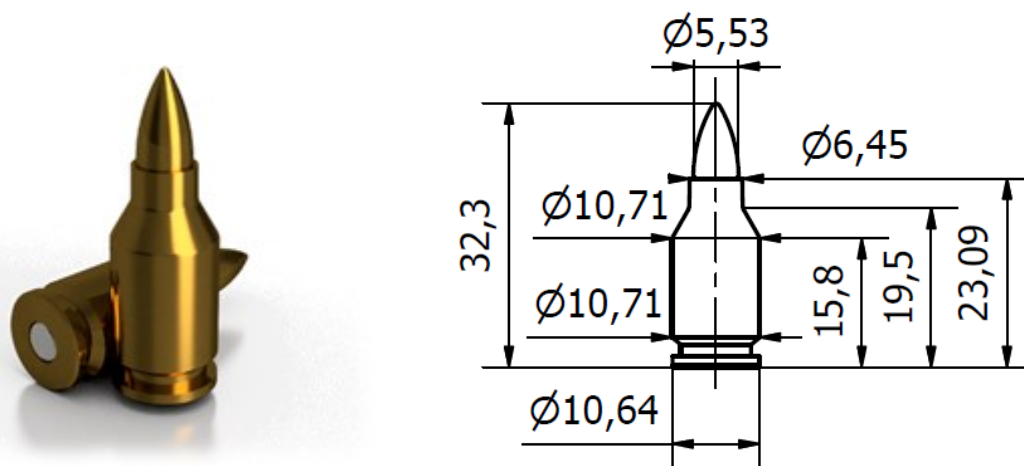
Obrázek 2.6 – 6x35mm KAC/TSWG

Na tento náboj jsou momentálně komorovány pouze dvě experimentální zbraně a náboj nebyl oficiálně uveden na trh.

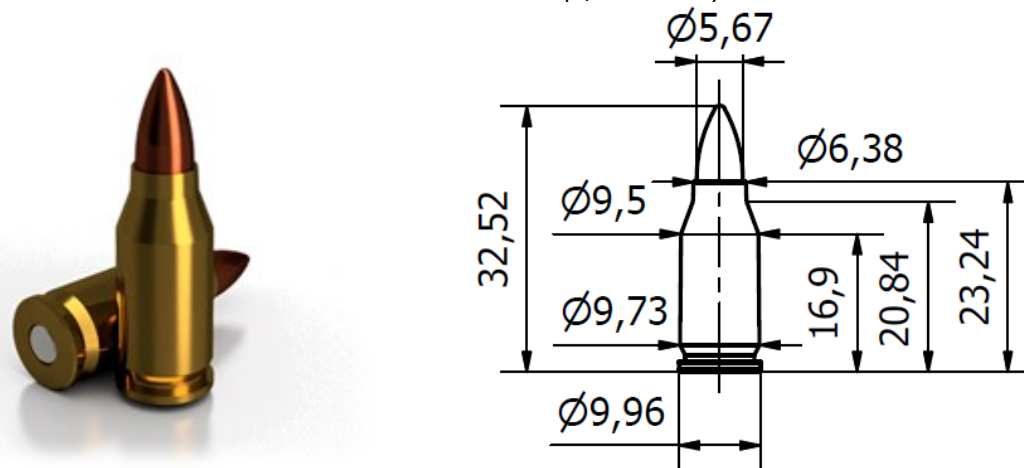
2.7 .224 BOZ (5,56x23mm) a .224 VOB

Náboj .224 BOZ (Obrázek 2.7) byl vyvinut koncem 90. let ve Velké Británii, jako další z reakcí na požadavek překonání balistické ochrany jednotlivce. Jedná se o zahrdlenou nábojnici 10mm Auto (10x25mm) pro standardní střelu NATO 5,56mm. Střela hmotnosti 3,24 g v 117mm hlavní dosáhne rychlosti 610 m/s. Náboj byl komerčně dostupný pro potřeby ozbrojených složek, do civilního sektoru se nikdy nedostal a oficiálně nebyla vyráběna žádná zbraň komorovaná na tuto ráži. (28)

.224 VOB (Obrázek 2.8) navazuje na výše zmíněný .224 BOZ, je však odvozen od náboje 7,65x25mm Tokarev. Vznikl v Česko-švýcarské spolupráci, výkonovými parametry lehce převyšuje .224 BOZ, avšak zůstal pouze ve stádiu experimentů. (29)



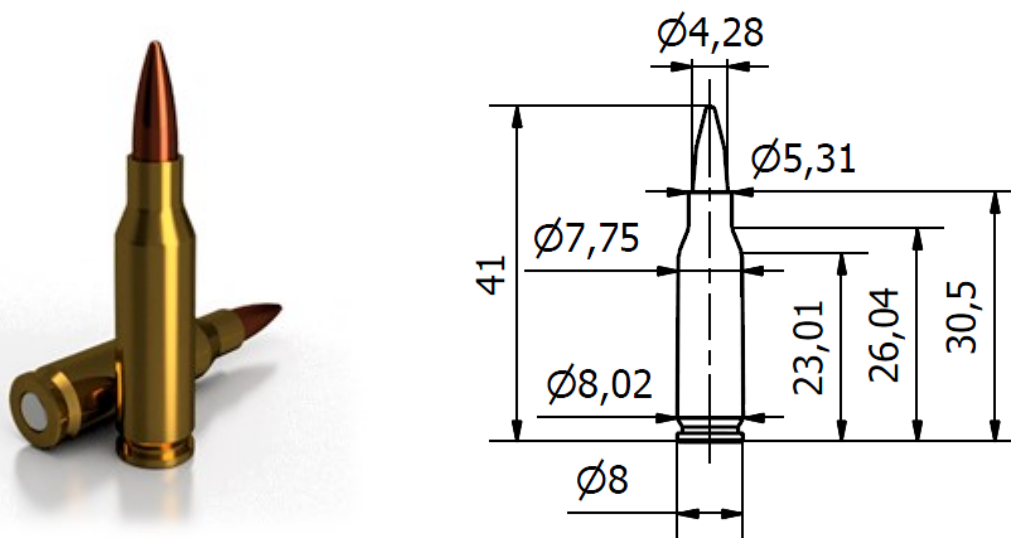
Obrázek 2.7 - .224 BOZ (5,56x23mm)



Obrázek 2.8 - .224 VOB

2.8 4,38x30mm Libra

Náboj alternativně označovaný .17 Libra (Obrázek 2.9) je produktem české společnosti LIBRA. Jedná se o náboj odvozený z .22 Hornet. Náboj byl poprvé předveden v roce 2003, jako vysokorychlostní náboj primárně navržený pro použití v systému ČZW-438.



Obrázek 2.9 - 4,38x30mm Libra

Svémi rozměry i vlastnostmi je velmi podobný německému 4,6x30mm. Střela hmotnosti 3 g v hlavní délky 220 mm dosáhne rychlosti 700 m/s a energie 716 J. Maximální tlak v hlavní dle C.I.P. může dosáhnout až 4300 bar. (30)

2.9 Výběr náboje pro rekonstrukci

Pro rekonstrukci zbraně dále v této práci je potřeba vybrat vhodný náboj, který bude plnit požadavky kladené na výkon zbraně, její chování při střelbě a účinek v cíli. Dalším kritériem je dobrá dostupnost náboje, cena a různá doporučení či standardizace. Z okruhu potenciálních kandidátů jsou vyloučeny náboje, které jsou pouze v experimentální fázi, a dále se bude pracovat pouze s v tomto okamžiku sériově vyráběným střelivem. Další omezení výběru je provedeno na základě geopolitické situace, a uvažováno je pouze střelivo běžně dostupné v Evropě. Co se doporučení týče, NATO doposud oficiálně nezavedlo žádnou standardizovanou ráži pro zbraně kategorie PDW. Během srovnávacích testů provedených v letech 2002 až 2003 vzešel jako vítěz náboj 5,7x28mm, nicméně vzhledem k ekonomicko-politickým ambicím členských států nedošlo k finálnímu zavedení standardu. Přehled základních parametrů výše zmíněných nábojů je uveden v tabulce 1.

Tabulka 1 – přehled parametrů vybraných nábojů PDW

	5,7x28mm	4,6x30mm	6,5x25mm CBJ	5,56x30mm MINSAS	5,8x21mm	6x35mm	.224 BOZ	4,38x30mm Libra
Hmotnost náboje [g]	6	6,3	7,5	9,9	6	10,1	?	?
Hmotnost střely [g]	2	2,7	2	2,6	3	4,2	4,5	3
Rychlost na ústí (délka hlavně) [m/s(mm)]	716 (264)	685 (180)	830 (200)	650 (300)	480 (111)	740 (250)	590 (300)	700(220)
Energie na ústí [J]	534	476	690	550	345	1127	778	716
Hybnost střely [kg.m/s)	1,432	1,8495	1,66	1,69	1,44	3,108	2,66	2,1
Maximální tlak [bar]	3450	4000	2350	?	?	3585	2585	4300

Na základě požadovaných kritérií je zvolen náboj **5,7x28mm**. Ten splňuje výkonové požadavky, byl doporučen srovnávacími testy NATO a je v současnosti relativně dobře dostupný.

3 Přehled samopalů Škorpion a volba předlohy rekonstrukce

V této kapitole jsou rozebrány jednotlivé výrobní verze samopalů rodiny Škorpion tak, jak byly postupně vyvíjeny a uváděny na trh. Popsány jsou jejich konstrukční a provozní vlastnosti i historické pozadí jejich vzniku. Závěrem této kapitoly je provedena volba verze, která bude předmětem rekonstrukce na náboj typu PDW dále v této práci.

3.1 Vz.61 Škorpion

Tato legendární zbraň původem z Československa vešla ve známost snad po celém světě ať už v dobrém slova smyslu pro svou spolehlivost, přesnost a účinnost v kompaktním balení, nebo v tom špatném, jako zbraň oblíbená zločinci a teroristy pro ty samé přednosti.

Vývoj této kompaktní příruční zbraně se váže k přelomu 50. a 60. let minulého století a požadavkům československého ministerstva vnitra na zbraň kompaktních rozměrů a dostatečné účinnosti, která by mohla být použita u útvarů, pro které bylo použito v té době zavedených útočných pušek vz.58 nevhodné vzhledem k jejím rozměrům či vysokému výkonu. Samotné požadavky na tuto zbraň byly pro ministerstvo obrany vypracovány armádou, sice nebyly zcela shodné s moderními požadavky na zbraň PDW z konce 80. let, např. se vůbec neřešila průraznost balistických ochranných, které v té době nebyly zdaleka rozšířeny, nicméně výsledná zbraň nakonec našla uplatnění právě jako obranná zbraň pro posádky vozidel, piloty či důstojníky ale i speciální jednotky československé armády a dalších zemí.

Za celou konstrukcí tohoto samopalu či automatické pistole, jak bývá vz.61 označován, stojí brněnský inženýr Miroslav Rybář (1924-1970). Vz.61 přímo vychází ze zbraně označené Š-59 na které pan Rybář pracoval v rámci své disertační práce, kterou úspěšně obhájil v roce 1958. (4) První byla sestrojena právě verze vz.61 v ráži 7,65x17mm Browning. V jejím konstrukčním řešení byly skloubeny výhody samopalu i pistole a vznikl tak jeden z nejmenších samopalů vůbec. Tento malý samopal umožňuje jak střelbu dávkou účinnou zejména na malé vzdálenosti, tak i mířenou střelbu až na vzdálenost 200 m. Nízká hmotnost a minimální zpětný ráz činí střelbu možnou i z jedné ruky při držení jako pistole, praktická rychle vyklopitelná opěra pak umožňuje lepší stabilizaci zbraně a střelbu s velkou přesností.

Konstrukčně je zbraň tvořena robustním rámem vyfrézovaným z bloku oceli, ve kterém je umístěn bicí a spoušťový mechanismus. Ten je tvořen kladívkem a bicí pružinou z vinutého drátu, která zároveň slouží jako odporová pružina spouště. Na spoušti je umístěn přerušovač, který je odpojitelný pomocí přeřazovače režimu střelby. Přeřazovač střelby zároveň slouží jako pojistka, v zajištěné poloze blokuje pohyb spouště a aktivuje záchyť závěru. Po pravé straně spoušťového mechanismu je umístěna vypouštěcí páka kladívka, která je ovládána výstupkem na těle závěru a při automatické střelbě zajišťuje vypuštění kladívka až po uzavření závěru. Horní část zbraně tvoří pouzdro závěru vyrobené z lisovaného plechu, do nějž je v přední části zalisována pevná chromovaná hlaveň délky 115 mm. Uvnitř pouzdra závěru je vedený dynamický neuzamčený závěr střílející z přední polohy tlačенý dvěma pedsuvnými pružinami. Součástí závěru je odpružený zápalník a robustní vytahovač. Po stranách

pouzdra závěru jsou dva podélné otvory, přes které prochází dva diskovité hmatníky, pomocí kterých lze závěr natáhnout. Výhozí okénko je umístěno na horní straně pouzdra závěru a odpovídá vybrání v závěru, která se překryjí je-li závěr přesunut do zadní polohy. Na horní straně pouzdra jsou umístěna mechanická otevřená mířidla tvořená stavitelnou excentrickou muškou a překlopným hledím pro střelbu na 75 nebo 150 m. Celé pouzdro závěru je s rámem v přední části spojeno pomocí výsuvného čepu a v zadní části je plech pouzdra uchycen do drážky v rámu. Vyhazovač nábojnic je uchycen v rámu v místě pod výhozí okénkem. Vedle něj je umístěn záchyť závěru, který lze ovládat hmatníkem na spodní straně rámu či již zmíněným přeřazovačem režimu střelby. V přední části rámu je dále šachta pro kovové zásobníky na 10 nebo 20 ran a tlačítko záchyty umístěné na levé straně. Kolem spouště je umístěn prostorný lučík, který je k zadní části rámu přichycen šroubem pažbičky. Uvnitř tohoto trubkovitého šroubu je umístěn mechanismus zpomalovače, který zachytí závěr v zadní poloze a pomocí závaží a principu dělených hmot různé setrvačnosti, zpomalí celý cyklus zbraně při střelbě dávkou. Na šroub pažbičky je nasazena dřevěná případně v pozdějších letech polymerová pistolová rukojeť, která je zajištěna víčkem. Na zadní straně závěru je horizontální rybina, která slouží k uchycení kloubu výklopné ramenní opěry vyrobené z ohýbaného hliníkového drátu a sklápějící se vertikálně přes pouzdro závěru.

Základní rozborka samopalu vz.61 je velmi jednoduchá a spočívá v částečném vytažení jediného čepu a následného odklopení celého pouzdra závěru směrem vpřed. Takto odklopené pouzdro závěru umožňuje přístup k závěru, který lze společně s vratnými pružinami vysunout z pouzdra po vytažení obou hmatníků, spoušťového a bicímu mechanismu a k hlavni pro čištění. K detailnějšímu rozložení zbraně není potřeba žádného dalšího nářadí, pouze např. kancelářská sponka či jiný kousek tenkého drátu. To je umožněno tím, že veškeré spoje jsou realizovány pomocí čepů a pružin, které do sebe vzájemně zapadají a navzájem si brání ve vypadnutí. Celý tento systém je velice nápaditý, propracovaný a především spolehlivý.

Náboj 7,65x17mm Browning byl v době zrodu této zbraně standardním pistolovým nábojem armády i policie. I když už tehdy byl považován za relativně slabý, jeho všeobecně dobrá dostupnost na trhu také hrála roli. Vzhledem k předpokládanému užití samopalu zejména pro střelbu dávkou na krátké vzdálenosti či ve stísněných prostorách byl tento náboj plně dostačující, zároveň velmi slabý zpětný ráz usnadňuje střelbu jednou rukou či z jinak znevýhodněné polohy střelce. Další výhodou použití této ráže je snadná utlumitelnost hluku výstřelu. (4) K tomuto účelu bylo navrženo několik verzí tlumiče hluku, který se montuje na hlaveň s nákrůžkem pomocí upínací kleštiny. Tuto výhodu ocenily zejména příslušníci speciálních komand či informační služby.

Vývoj samopalu byl završen počátkem 60. let a v roce 1962 byla v České zbrojovce Uherský Brod vyrobena první ověřovací série. Zbraň podstupovala těžká testování např. pádem z výšky až 10 m na betonový povrch či přejetím automobilem, ve kterých uspěla. Byla zatěžována nepřetržitou střelbou, kdy dokázala vypálit 1 000 ran v kuse bez poruchy a celková životnost byla 60 000 výstřelů. V produkci zbrojovky byla s přestávkami až do roku 1994 a za tu dobu jich bylo vyrobeno přibližně 200 000 kusů. V polovině 80. let byla prodána výrobní licence do Jugoslávie, kde se vyráběla pod označením Zastava M84 skorpion a od roku 1989 byla zbraň vyráběna i v samonabíjecí verzi pro civilní trh. Objem zbraní vyrobených v licenci není znám. (4)

Samopal vz.61 Škorpion (Obrázek 3.1) snoubí velkou palebnou silou do kompaktního a zároveň odolného těla. Je velice přesný snadno ovladatelný i ve stísněných prostorách a je možné jej použít s tlumičem hluku. Všechny tyto parametry jej předurčily k zařazení do výzbroje příslušníků Sboru národní bezpečnosti, u kterých plnil funkci druhé zbraně, sboru nápravné výchovy a dále také vybraných specialistů (průzkumných, strážních a speciálních jednotek) československé armády. Tyto výhody spolu s možností snadného ukrytí zbraně pod oblečením však lákají i opačnou stranu barikády, pro gangstery a kriminálníky se stal vz.61 téměř ikonickou zbraní a tento fakt se promítnul i do populární kultury, kdy v mnoha filmech je často možné vidět tuto zbraň právě v rukou padouchů. Do dnešních dnů zůstává vz.61 Škorpion ve výzbroji nejen bezpečnostních složek České republiky ale i mnoha dalších zemí.



Ráže	7,65x17mm
Hmotnost	1,3 kg
Délka zbraně	270 mm
Délka hlavně	115 mm
Kapacita zásobníku	10/20 ks
Kadence	850 ran/min
Efektivní dostřel	50 m

Obrázek 3.1 – vz.61 Škorpion (4)

Po zahájení sériové výroby vz.61 konstrukční tým nezháležel a postupně přicházel s dalšími inovovanými verzemi této zbraně. V zásadě se jednalo o rekonstrukce samopalu na jiné náboje při zachování jeho původních konstrukčních vlastností. Prvním z těchto modelů byl vz.64 komorovaný na větší ráži 9x17mm Browning, následoval vz.65 na 9x18mm Makarov a vz.68 na 9x19mm Luger. Všechny tyto varianty však skončily v prototypové fázi a nikdy nebyly vyráběny sériově. Počátkem 80. let se zbrojovka Uherský Brod vrátila k samopalu Škorpion a, již bez Miroslava Rybáře, který náhle zemřel v roce 1970, pokračovala v úpravách této zbraně. Vz.82 byl vyvíjen souběžně se služební pistolí vz.82 se kterou měl společný náboj vz.82 (vylepšený 9x18mm Makarov), tentokrát došlo i k drobným zásahům do konstrukce, která byla vylepšena zejména z hlediska technologie výroby a ramenní opěra byla doplněna o teleskopický výsuv. Následoval vz.83 opět v ráži 9x17mm Browning. Stejně jako předchozí, ani tyto verze se nezačaly vyrábět sériově. Počátkem 90. let přišla zbrojovka s poloautomatickou verzí vz.91S určenou primárně pro uvolňující se civilní trh. Tato verze byla nabízena ve třech rážích: 7,65x17mm Browning, 9x17mm Browning a 9x18mm Makarov a konečně se dostala i do sériové výroby. Nicméně zájem o tuto zbraň nebyl tak velký, jak se předpokládalo a výroba byla brzy ukončena. Další dvě varianty CZ Škorpion 9x19 a XCZ 868 jsou považovány za druhou generaci rodiny samopalů škorpion. Obě zbraně byly komorovány na 9x19mm Luger a konstrukčně se více lišily od původního Škorpionu. Jejich konstrukce byla mohutnější, aby snesla zatížení od silnějšího náboje a celková hmotnost zbraně vzrostla téměř o třetinu. První z modelů se dočkal malé série, druhý zůstal jen ve fázi návrhu. (4)

3.2 CZ SCORPION EVO 3

Kořeny tohoto samopalu sahají do roku 2001 a to konkrétně k prototypu LAUGO slovenské konstrukce, ve kterém se konstrukční tým snažil adaptovat klasickou samopalovou koncepci na moderní požadavky ozbrojených složek. Roku 2007 byl tento projekt převzat Českou zbrojovkou a vývoj pokračoval až do roku 2009. (31)

SCORPION EVO 3 (Obrázek 3.2) je lehká automatická zbraň jednotlivce, která se vyznačuje velmi jednoduchou konstrukcí založenou na hojném využití polymerů. Je tvořena masivním dynamickým neuzamčeným závěrem pohybujícím se ve dvoudílném plastovém rámu a přitlačovaném jednou vratnou pružinou. Zbraň střílí z přední polohy závěru. Kladívkový bicí mechanismus je společně se spoušťovým ústrojím uložen v oddělitelném pouzdra spoušťadla na spodní straně rámu. V plastovém rámu je uchycena hlaveň, pistolová rukojeť a dvojdílné předpažbí. Zbraň je vybavena velkým množstvím montážních lišt, které poskytují dostatek místa pro uchycení taktických doplňků. Na temenní liště je zbraň standardně vybavena stavitelnými mechanickými mířidly. Modulární koncepce zbraně umožňuje výměnu hlavní různých délek případně i ráží. Zásobníky jsou z průhledného polymeru vyráběné ve dvou velikostech pro 20 nebo 30 nábojů.



Ráže	9x19mm
Hmotnost	2,77 kg
Délka zbraně	410 mm
Délka hlavně	196 mm
Kapacita zásobníku	30 ks
Kadence	1150 ran/min
Efektivní dostřel	250 m

Obrázek 3.2 - CZ SCORPION EVO 3 A1 (31)

SCORPION EVO 3 má velmi propracovanou ergonomii, což činí používání této zbraně velmi jednoduchým a přirozeným. Všechny ovládací prvky jsou pohodlně dostupné, zbraň je dobře vyvážená a při střelbě stabilní.

Rozborka zbraně je velmi jednoduchá a zbraň aspiruje na pozici samopalu s nejrychlejší rozborkou vůbec. Základní rozborka spočívá v odejmutí pouzdra spoušťového a bicího mechanismu, které je v rámu uchyceno pomocí jednoho výsuvného čepu. Následně se vzniklým otvorem vyjme závěr s vratnou pružinou. Toto řešení je ve světě unikátní a zbrojovka si jej nechala patentově chránit.

S původním samopalem Škorpion vz.61 má však SCORPION EVO 3 společné jen jméno a místo produkce. Konstrukční řešení dynamického závěru je obdobné ovšem extrémní kompaktností, kterou vynikal vz.61, už se EVO 3 pyšnit nemůže, neboť se již jedná o rozměrově plnohodnotný samopal.

Původní verze škorpionu i jeho současný nástupce se ve své době pyšnili poměrně velkou oblíbeností a mírou inovace. V obou případech se jedná o velmi přesné a spolehlivé zbraně, o které projevil zájem ozbrojené složky v České republice i v zahraničí. Byť původní škorpion vz.61 umožňuje

svými malými rozměry pohodlné a dokonce i skryté nošení, jeho nástupce tuto vlastnost nesdílí, i přesto se však stává oblíbenou zbraní mnoha policejních či armádních jednotek.

3.3 Výběr předlohy pro rekonstrukci na PDW

Při navrhování zbraně PDW pro zvolenou ráži je navázáno na rodinu samopalů Škorpion a vybrán jeden z dosavadních modelů, na jehož základě je navržen nový systém tak, aby co nejlépe naplnil požadavky stanovené v 1.2.1. Volba je provedena mezi původní verzí 1. generace vz.61 a novou platformou CZ SCORPION EVO 3.

Vz.61 vyniká svojí extrémní kompaktností a snadnou ovladatelností. Není problém jej nosit skrytě v pouzdře či na závěsu. Zbraň nezavazí dokonce ani v poloze v sedě, což je výhodou zejména pro posádky vozidel vybavené touto zbraní. Řešení sklopné ramenní opěry je velice praktické a v případě potřeby umožňuje její rychlé vyklopení, aniž by střelec spustil oči ze záměrného bodu, nebo musel zásadně měnit úchop. Nevýhodou je konstrukce na slabý náboj 7,65x17mm Browning, která by mohla pro použití výkonnějšího náboje vyžadovat větší zásahy do původní konstrukce. V tomto ohledu se lze inspirovat později navrženými prototypy na výkonnější náboj jako např. vz.65, vz.82 či verze na 9x19mm Luger. Další nevýhodou je, že ovládací prvky nejsou plně oboustranné a vyžadovaly by úpravu, plně kompatibilní je však pozice výhozního okénka, které neomezuje střelce při pravém ani při levém přilícení.

CZ SCORPION EVO 3 je zbraň moderního rázu vyráběná moderními metodami převážně z lehkých polymerových materiálů. Je konstruována pro výkonnější náboj 9x19mm Luger, což by vedlo k přímočařejší rekonstrukci bez nároku na radikálnější zásahy. Ovládací prvky jsou zcela oboustranné, avšak pozice výhozního okénka může při levém přilícení narušovat pozornost střelce. Ergonomicky je zbraň velmi povedená, navíc je vybavena mnoha montážními prvky pro připevnění dalšího vybavení. Co se rozměrů týče, je to již plnohodnotný samopal, který je v podstatě nemožné nosit skrytě či tak, aby nepřekážel běžné činnosti. Hmotnost je okolo 2 kg a zbraň také nabízí možnost modulární výměny hlavní různých délek. Zbraň je vybavena sklopnou pažbou jejíž rozevření vyžaduje změnu úchopu, a tedy ji nelze použít s takovou efektivitou jako u původní verze. V porovnání s původní ramenní opěrou je však mnohem více ergonomická.

Jako předloha zbraně PDW je zvolen samopal **vz.61 Škorpion**, v navrhované zbrani bude kladen důraz především na zachování kompaktních rozměrů a nízké hmotnosti zbraně, použití moderních materiálů a na doplnění plně oboustranných ovládacích prvků.

4 Rekonstrukce zbraně – výpočtová část

V této kapitole jsou navrženy a početně ověřeny základní součásti zbraně. Konkrétně se jedná o pevnostní výpočet hlavně, výpočet hmotnosti závěru, sestavení cyklogramu zbraně, výpočet funkčního diagramu a výpočet podávacího ústrojí. Všechny výpočty jsou provedeny dle vztahů podle (32) v programu Microsoft Excel, výpočtový soubor obsahující jak početní, tak i grafické interpretace výsledků, je součástí přílohy.

4.1 Rekonstrukce hlavně

Výstřel je složitý proces velmi rychlé přeměny chemické energie uložené ve střelivně na tepelnou energii prachových plynů, která je skrze tlakovou energii plynů z části využita na zvýšení kinetické energie střely. Hlaveň palné zbraně slouží k usměrnění pohybu střely a toku prachových plynů. Při výstřelu je namáhána zejména vnitřním tlakem prachových plynů, vznikajících hořením střeliviny, otěrem pohybující se střely o vývrt a zvýšenou teplotou. Aby hlaveň snesla zatížení od tlaku prachových plynů a nedošlo k její deformaci, musí být zajištěna její dostatečná pevnost, ta závisí zejména na zvoleném materiálu hlavně a jejích radiálních rozměrech. Pevnost je u konvenčních malorážových palných zbraní klíčovým kritériem návrhu hlavně. Namáhání otěrem mezi vodící částí střely a vývrtem způsobuje postupné opotřebení a ztrátu původních vlastností hlavně. Snižováním koeficientu tření či zvýšením odolnosti povrchu vývrtu proti opotřebení např. chromováním lze dosáhnout optimální životnosti hlavně při zachování požadovaných vlastností v určitých mezích. Tepelné namáhání může negativně ovlivnit jak pevnost, tak i životnost hlavně. Příznivého průběhu teplot se dosahuje vhodnou úpravou režimu střelby.

Prvním krokem k rekonstrukci hlavně je řešení přímé úlohy vnitřní balistiky, tedy určení průběhů vnitrobalistických veličin v závislosti na vhodně volené proměnné. Tato data jsou vstupní informací pro následný pevnostní návrh hlavně a dále se od nich odvíjí i výpočty dalších součástí mechanismu zbraně. Mezi významné vnitrobalistické veličiny řadíme tlak p , rychlost střely v , dráhu střely l a teplotu prachových plynů T . Pro návrh hlavně je významná zejména závislost tlaku prachových plynů p na dráze střely l . U výpočtu hlavní malorážových zbraní se zpravidla neuvažuje rozložení tlaku podél hlavně za střelou a průběhy veličin reprezentují jejich střední hodnoty.

Pro rekonstrukci hlavně jsou použita vypočtená data průběhu tlaku prachových plynů náboje 5,7x28mm se standardní 2g střelou v závislosti na dráze l pro teploty 15°C, -40°C a 50°C, vypočtené v programu VNIBAL – Numerické řešení hlavní úlohy vnitřní balistiky, poskytnutá Katedrou zbraní a munice Univerzity obrany v Brně. Průběhy tlaků jsou patrné z grafu 2.

4.1.1 Stanovení konstrukčního tlaku p_k

Konstrukční tlak $p_k(l)$ je takový průběh tlaku, který musí hlaveň snést, aniž by došlo k její deformaci či poškození.

Vypočteným průběhům tlaku pro jednotlivé teploty je sestrojena obalová křivka $p_{ob}(l)$, jejíž maximum je posunuto o 2 ráže směrem k ústí, čímž je eliminována nepřesnost určení místa maximálního tlaku, a hodnota maxima je protažena až ke dnu nábojové komory. Obalová křivka v rozmezí $l = 66 \div 77 \text{ mm}$ kopíruje křivku tlaku při $+50^\circ\text{C}$, následně sleduje průběh při $+15^\circ\text{C}$ a za $l = 101 \text{ mm}$ odpovídá křivce při -40°C , jejíž hodnoty ve větší vzdálenosti od dna nábojové komory převyšují. Obalová křivka $p_{ob}(l)$ je patrná z grafu 2.

Průběh konstrukčního tlaku $p_k(l)$ (graf 2) je získán vynásobením hodnot obalové křivky koeficientem bezpečnosti $k_b(l)$ dle vztahu 4.1. Koeficient bezpečnosti hlavně je význačný tím, že po délce hlavně není konstantní, a směrem k ústí zpravidla roste. Nejnižších hodnot nabývá v oblasti nábojové komory, která je dimenzována na maximální možný tlak, a tedy rozptýl průběhů tlaků na ni nemá zásadní vliv, navíc je komora částečně chráněna nábojnicí, která pohlcuje fluktuace tlaku a snižuje celkové zatížení stěn komory. Pokud by byly průběhy vnitrobalistických veličin získány měřením v balistické hlavni, lze použít nižší hodnotu bezpečnosti, neboť měření je zpravidla prováděno u dna nábojové komory, a tedy naměřená hodnota je maximum zahrnující rozložení tlaku za střelou. U průběhů získaných výpočtem se jedná o střední hodnoty veličin, a rozložení tlaku za střelou je pokryto zvýšením hodnoty bezpečnosti. Směrem k ústí roste dynamičnost děje, a je na místě užití vyšších hodnot bezpečnosti, navíc hodnoty tlaku na ústí jsou relativně malé a pro jejich zachycení by postačila velmi tenká stěna hlavně, to by však zapříčinilo její nedostatečnou tuhost, která by se mohla promítnout do přesnosti střelby či vyšší náchylnosti k poškození hlavně hrubým zacházením. Pro oblast nábojové komory po počátek drážkování je zvolena hodnota bezpečnosti $k_b(0 \div 35,48) = 1,1$, v oblasti maxima tlaku $k_b(35,48 \div 46,57) = 1,2$ a dále směrem k ústí roste geometrickou řadou na hodnotu $k_b(200) = 2,5$.

$$p_k(l) = k_b(l) \cdot p_{ob}(l) \quad 4.1$$

4.1.2 Stanovení pružného odporu p_e a pevnostní kontrola

Pevnostním výpočtem hlavně je kontrolováno, zda při výstřelu nedojde k překročení dovoleného napětí materiálu, deformaci, porušení či úplné destrukci hlavně. Tato podmínka je pro libovolný příčný řez hlavní vyjádřena rovnicí 4.2.

$$\sigma_{red} \leq \sigma_{dov} \quad 4.2$$

Kde σ_{dov} odpovídá mezi kluzu materiálu hlavně R_e a

σ_{red} je redukované napětí dle zvolené pevnostní hypotézy.

Hlaveň je namáhána vnitřním tlakem prachových plynů a vzhledem k poměru jejího průměru a tloušťky stěny ji lze považovat za tlustostěnnou nádobu. Jednotlivé složky napětí působící na hlavěň jsou: radiální napětí působící kolmo k ose hlavně σ_R , tečné napětí působící ve směru tečném k průměru σ_T a napětí axiální τ působící ve směru osy hlavně, které se zpravidla vzhledem k jeho velikosti zanedbává. Vztahy pro jednotlivé složky napětí jsou odvozeny z teorie pružnosti a pevnosti a platí, že při vnitřním přetlaku p , což je i případ hlavně palné zbraně, jejich kritické hodnoty leží na vnitřním povrchu stěny a jsou dány rovnicemi 4.3 a 4.4.

$$\sigma_R = -p \quad 4.3$$

$$\sigma_T = p \cdot \frac{\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 + 1}{\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 - 1} \quad 4.4$$

Kde r_1 je vnitřní poloměr hlavňe,
 r_2 je vnější poloměr hlavňe a
 p je vnitřní přetlak.

Pro získání redukovaného napětí je v praxi nejčastěji využívána Hypotéza Huber-Mises-Hencky (HMH) založená na principu hustoty deformační energie. Redukované napětí rovinné napjatosti je dáno rovnicí 4.5.

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_T^2 - \sigma_R \cdot \sigma_T} \quad 4.5$$

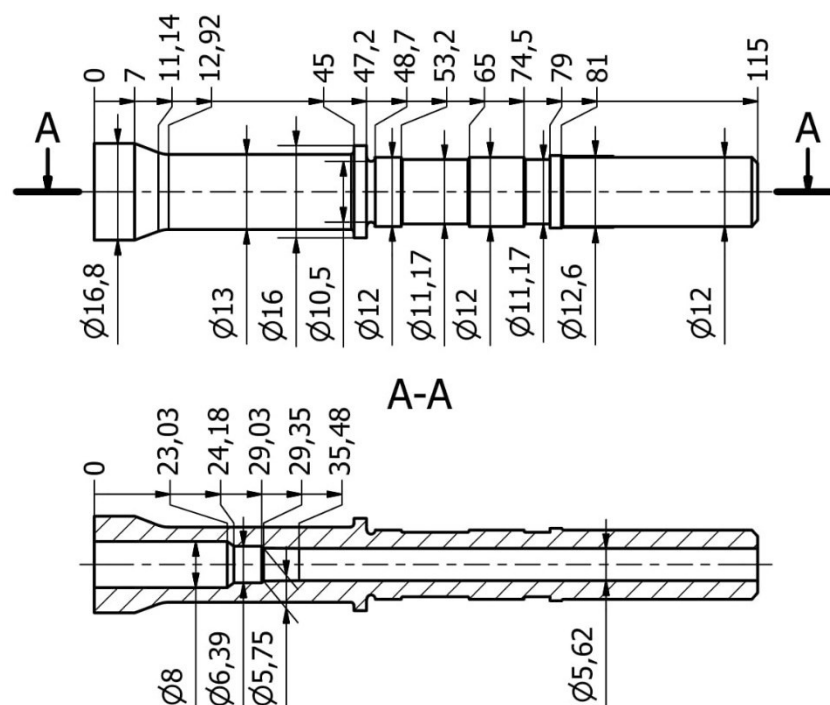
Dosazením rovnic 4.3 až 4.5 do vztahu 4.2 a úpravou je získán vztah 4.6, jehož mezní hodnota daná rovností odpovídá pružnému odporu p_e dle rovnice 4.7.

$$p \leq \sigma_{dov} \cdot \frac{\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 - 1}{\sqrt{3 \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^4 + 1}} \quad 4.6$$

$$p_e(l) = R_e \cdot \frac{\left(\frac{r_2(l)}{r_1(l)}\right)^2 - 1}{\sqrt{3 \left(\frac{r_2(l)}{r_1(l)}\right)^4 + 1}} \quad 4.7$$

Hlaveň je vyrobena ze zušlechtěné oceli ČSN 15 230.9. Jedná se o nízkolegovanou ocel s dobrou svařitelností i obrobitelností zušlechtěnou podle zvláštní úmluvy, často užívanou pro konstrukci hlavní a velmi zatížených strojních součástí. Mez kluzu této oceli $R_e = 900 \text{ MPa}$. (33)

V první fázi je vyhodnoceno, zda by nemohly být použity původní vnější rozměry hlavňe. Rozměry r_1 a r_2 jsou dány výkresem původní hlavňe s upraveným vývrtem pro ráži 5,7x28mm (Obrázek 4.1).



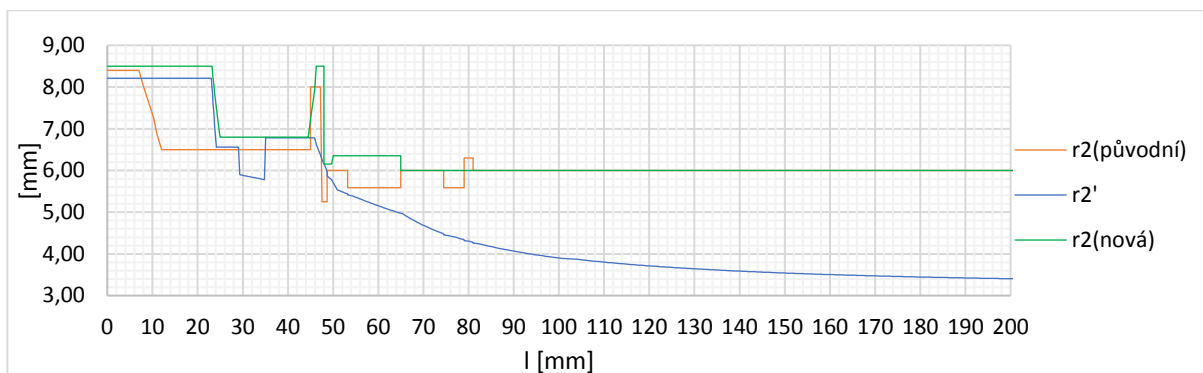
Obrázek 4.1 – Původní hlavěň s upraveným vývrtem

Průběh pružného odporu $p_e(l)$ podél délky hlavně je vyneseno v grafu 1. Z grafu 1 je zřejmé, že konstrukční tlak $p_k(l)$ ve velké míře překračuje hodnotu pružného odporu $p_e(l)$ a použití hlavně původních rozměrů tedy není možné. Minimální potřebný vnější poloměr hlavně lze určit ze vztahů 4.8 a 4.9.

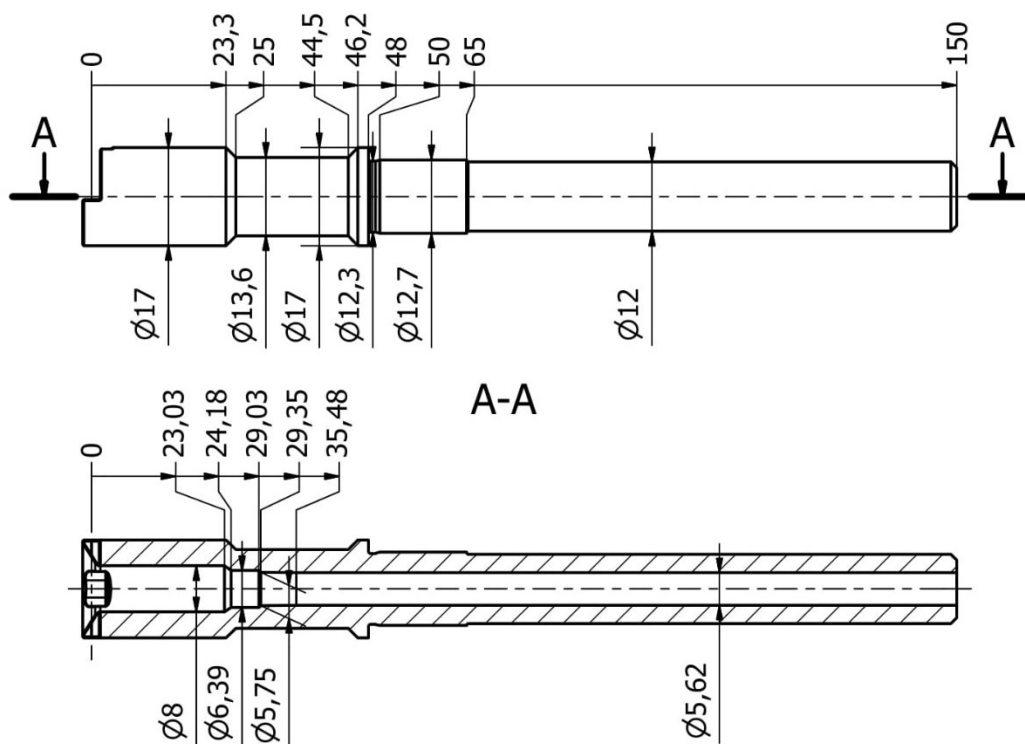
$$r_2 = r_1 \cdot \sqrt{\frac{\alpha + \sqrt{4\alpha - 3}}{\alpha - 3}} \quad 4.8$$

$$\alpha = \frac{\sigma_{dov}^2}{p_k^2} \quad 4.9$$

Pro pružnou oblast musí platit $\alpha > 3$. Pro zvolený materiál ČSN 15 230.9 a maximum $p_k(35,5)$: $\alpha = \frac{900^2}{428,3^2} = 4,4$, což vyhovuje. Minimální vnější poloměr $r'_2(l)$ hlavně po její délce je znázorněn v grafu 1. Na základě tohoto údaje jsou navrženy nové vnější rozměry hlavně. Délka hlavně je prodloužena na 150 mm, aby byla lépe využita energie prachové náplně a zároveň, aby tlak prachových plynů na ústí nepřesahoval 90 MPa, neboť vyšší hodnoty by se mohly negativně podepsat na přesnosti střelby. Místo dohoření prachové náplně je při -40°C ve vzdálenosti přibližně 103 mm a je tedy zaručeno úplné vyhoření náplně před průchodem střely ústím. Rozměry nové hlavně jsou patrné z obrázku 4.2. Pro nově navržené hodnoty r_2 je znovu proveden výpočet pružného odporu $p_e(l)$ a ten vyneseno do grafu 2. Z grafu 2 je zřejmé, že průběh pružného odporu nové hlavně leží nad průběhem konstrukčního tlaku $p_k(l)$, a tedy nová hlavěň je pevnostně vyhovující.



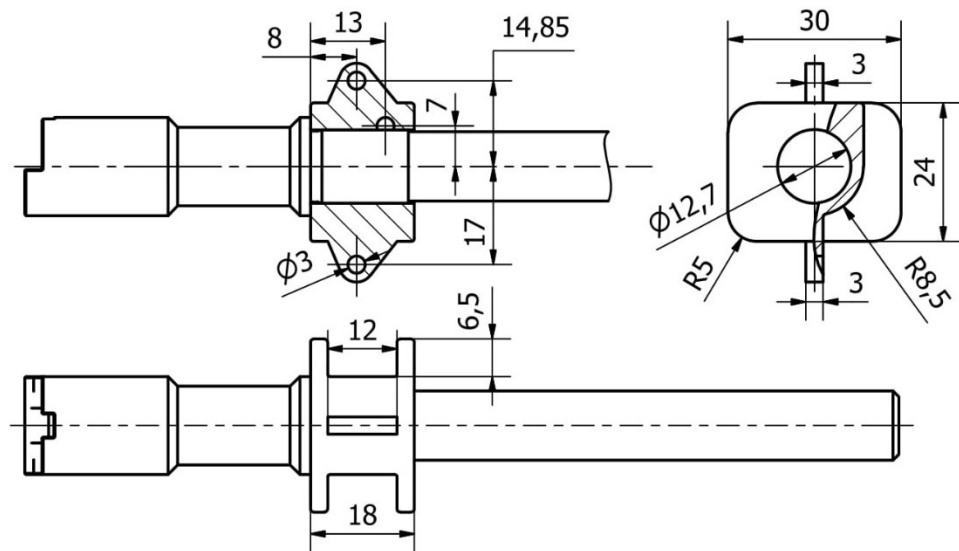
Graf 1 – Vnější poloměr hlavě



Obrázek 4.2 – Nová hlavě

4.1.3 Uložení hlavě v pouzdře závěru

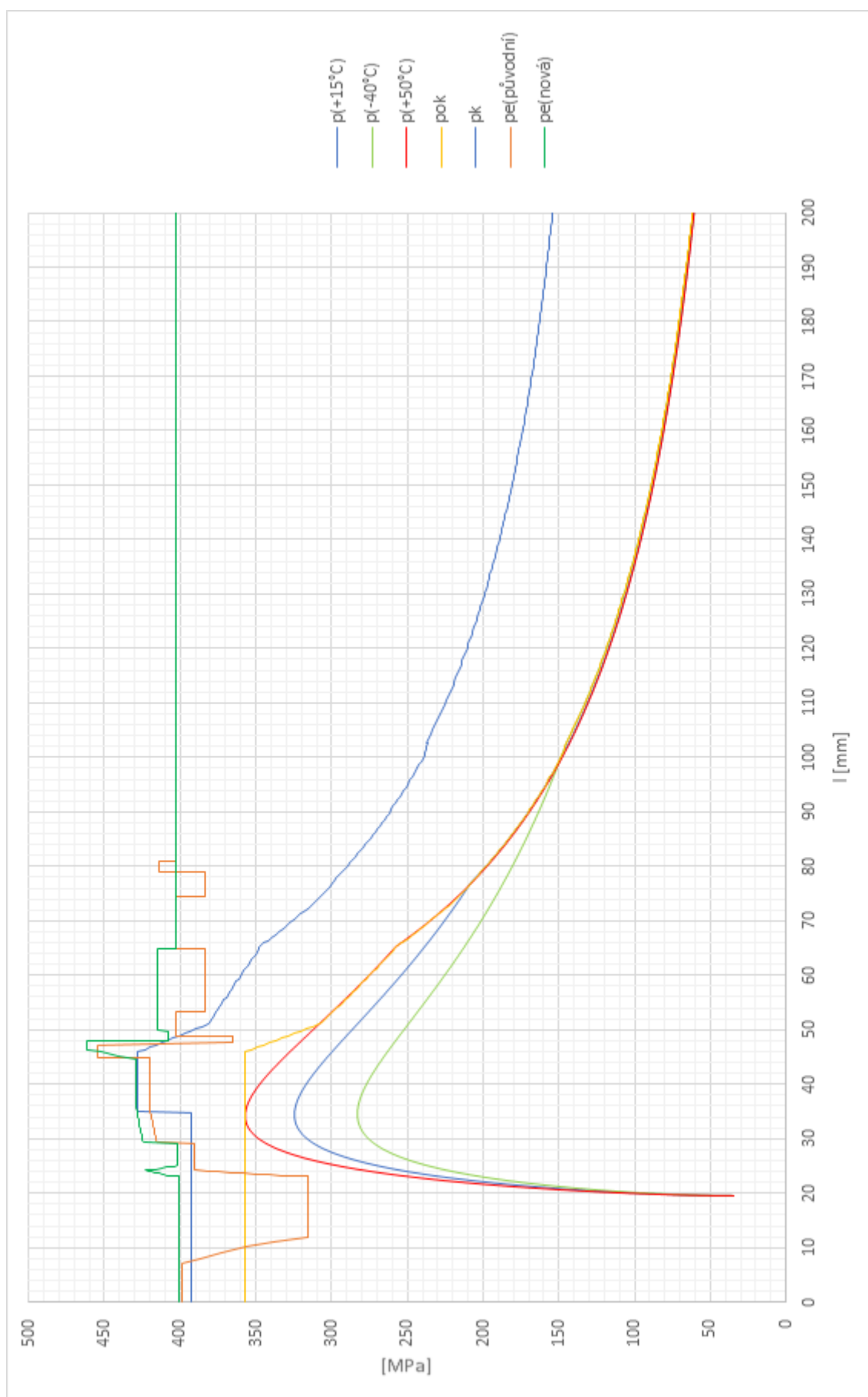
Uchytení hlavě do pouzdra závěru je řešeno pomocí lůžka, do kterého je hlavě zalisována na průměru 12,7 mm. Lůžko doléhá na nákrůžek průměru 17 mm a spojení je pojištěno příčným kolíkem průměru 3 mm. Lůžko je, kromě těla s otvorem pro nalisování, tvořeno dvěma příčnými žebry, která se zasunou do příslušných vybrání v pouzdře závěru a slouží k přenosu osových sil. Na místě je lůžko drženo sevřením mezi dvěma polovinami pouzdra závěru a zároveň zajištěno dvěma spojovacími šrouby procházejícími přes horní a dolní výčnělek na lůžku. Konstruktivní řešení tohoto prvku je patrné z obrázku 4.3.



Obrázek 4.3 – Lůžko uchycení hlavně

4.1.4 Další úpravy hlavně

Nábojová komora je vybavena revellioho drážkami, aby byla snížena třecí síla zejména na krčku nábojnice, a bylo tak zajištěno její spolehlivé vytažení. Síla potřebná na vytažení lahvovité nábojnice z komory opatřené revellioho drážkami je srovnatelná s výtahovou silou pistolové nábojnice a ve výpočtech dynamiky závěru bude toto zjednodušení s výhodou využito. Rozměry vývrtu jsou dány normovanými tabulkami TDCC, čelo hlavně je opatřeno vybráními pro vyhazovač, vysouvač a skluzavkou pro snadnější dopravu náboje ze zásobníku do komory. Přesné rozměry hlavně jsou uvedeny na výrobním výkrese hlavně, který je součástí přílohy.



Graf 2 – Průběhy tlaků v hlavni

4.2 Rekonstrukce závěru

Závěr je základní součástí zbraně zabezpečující její funkční cyklus a zásadně ovlivňující její spolehlivost i bezpečnost. Typ závěru je ponechán shodný se samopalem vz.61, kde je využito neuzamčeného dynamického závěru. Hlavní funkcí závěru je, ve spolupráci s nábojnicí, především uzavření nábojové komory a zabránění předčasnému výtoku prachových plynů ze zadní části hlavně. Plnit tuto funkci umožňuje dynamickému závěru zejména setrvačná síla daná jeho vyšší hmotností, která doplněná o sílu pedsuvných pružin působí proti síle od výstřelu působící na dno nábojnice.

4.2.1 Stanovení hmotnosti závěru

Vzhledem k tomu, že zásadní vliv na funkci dynamického závěru má jeho setrvačná síla, klíčovým úkolem při jeho návrhu je určení jeho hmotnosti. Síla od výstřelu, která na závěr působí, je v průběhu výstřelu proměnlivá a její celkový účinek během výstřelu lze vyjádřit impulzem síly od výstřelu I_H . Impulz síly od výstřelu lze rozdělit na dvě dílčí složky, a to impulz od výstřelu v období pohybu střely v hlavní I_{Hq} , který lze určit dle rovnice 4.10, a impulz od výstřelu v období dodatečného účinku prachových plynů $I_{H\omega}$ určený vzorcem 4.11. Celkový impulz od výstřelu I_H je pak jejich součtem dle rovnice 4.12.

$$I_{Hq} = \left(m_q + \frac{1}{2} \cdot m_\omega\right) \cdot v_o \quad 4.10$$

$$I_{Hq} = \left(0,002 + \frac{1}{2} \cdot 0,0005\right) \cdot 695 = 1,56 \text{ [N} \cdot \text{s]}$$

$$I_{Hq} = \left(\beta - \frac{1}{2}\right) \cdot m_\omega v_o \quad 4.11$$

$$I_{Hq} = \left(1,871 - \frac{1}{2}\right) \cdot 0,0005 \cdot 695 = 0,48 \text{ [N} \cdot \text{s]}$$

$$I_H = I_{Hq} + I_{H\omega} \quad 4.12$$

$$I_H = 1,56 + 0,48 = 2,04 \text{ [N} \cdot \text{s]}$$

Kde m_q je hmotnost střely,
 m_ω je hmotnost prachové náplně,
 v_o je rychlost střely na ústí (získána z vnitrobalistických dat) a
 β je součinitel dodatečného účinku prachových plynů vypočtený dle empirického vzorce 4.13.

$$\beta = \frac{1300}{v_o} \quad 4.13$$

$$\beta = \frac{1300}{695} = 1,871 \text{ [1]}$$

Pohybový stav závěru těsně po výstřelu je charakterizován hybností rovnající se impulzu síly od výstřelu, která jej do tohoto stavu uvedla, dle rovnice 4.14. Od závěru je požadováno, aby se pohyboval maximálně dovolenou bezpečnou rychlostí v_{zmax} , ta byla zvolena $v_{zmax} = 6,2 \text{ m/s}$, což by mělo přibližně odpovídat maximální rychlosti závěru původní zbraně. Do rovnice 4.14 dále vstupuje součinitel fiktivnosti φ , který zohledňuje snížení hybnosti závěru o odpor vytahované nábojnice. Díky

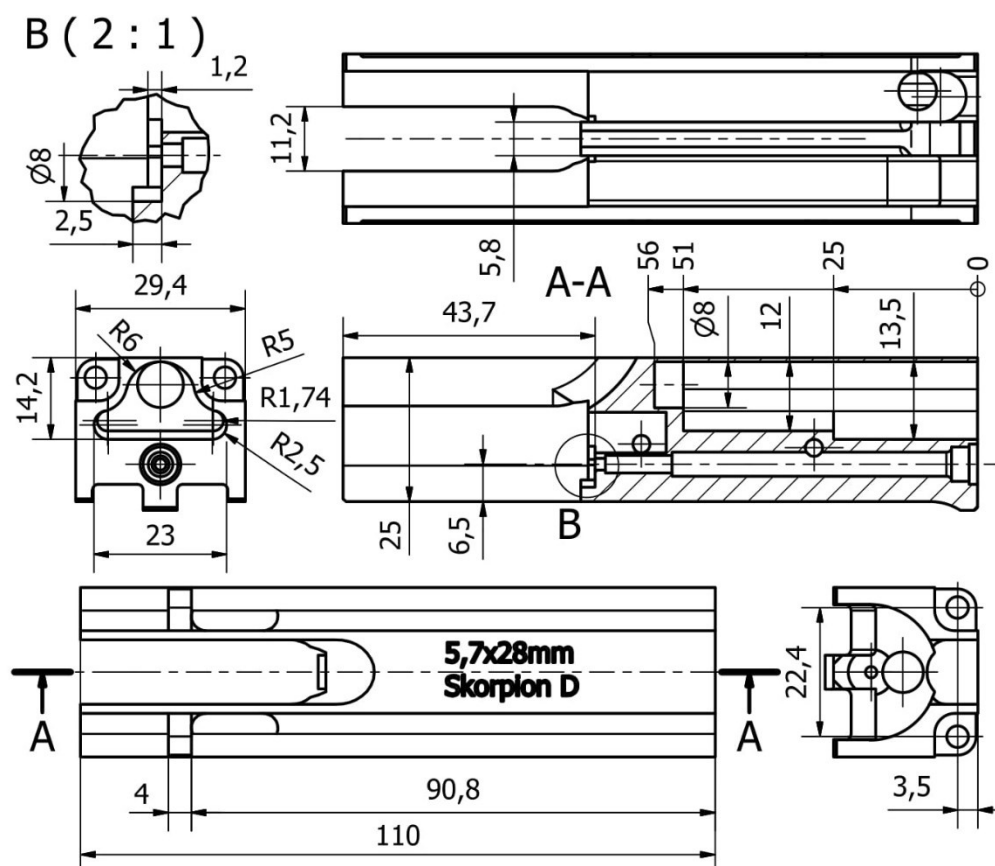
využití revellioho drážek v nábojové komoře je v tomto případě výtahová síla srovnatelná se silou pro vytažení pistolové nábojnice, čemuž odpovídá součinitel $\varphi = 1,35$ (32). Společně se závěrem se v tento okamžik pohybují také veškeré jím unášené součásti jako např. úderník či vytahovač, a také již zmíněná vystřelená nábojnice. Z rovnice 4.14 je tedy získána celková hmotnost pohybujících se částí po výstřelu $m_z + m_{nbc}$ ze které je po odečtení hmotnosti nábojnice $m_{nbc} = 0,0039 \text{ kg}$ získána hmotnost závěru a spoluunášených částí $m_z = 0,2398 \text{ kg}$. Hmotnost spoluunášených částí je dle 3D modelu a zvážení původních součástí stanovena na přibližně $0,0178 \text{ kg}$ což ponechává hmotnost $m'_z = 0,222 \text{ kg}$ na samotné těleso závěru.

$$I_H = (m_z + m_{nbc}) \cdot \varphi \cdot v_{zmax} \quad 4.14$$

$$m_z + m_{nbc} = \frac{I_H}{\varphi \cdot v_{zmax}} = \frac{2,04}{1,35 \cdot 6,2} = 0,2437 [\text{kg}]$$

4.2.2 Další úpravy závěru a spoluunášených součástí

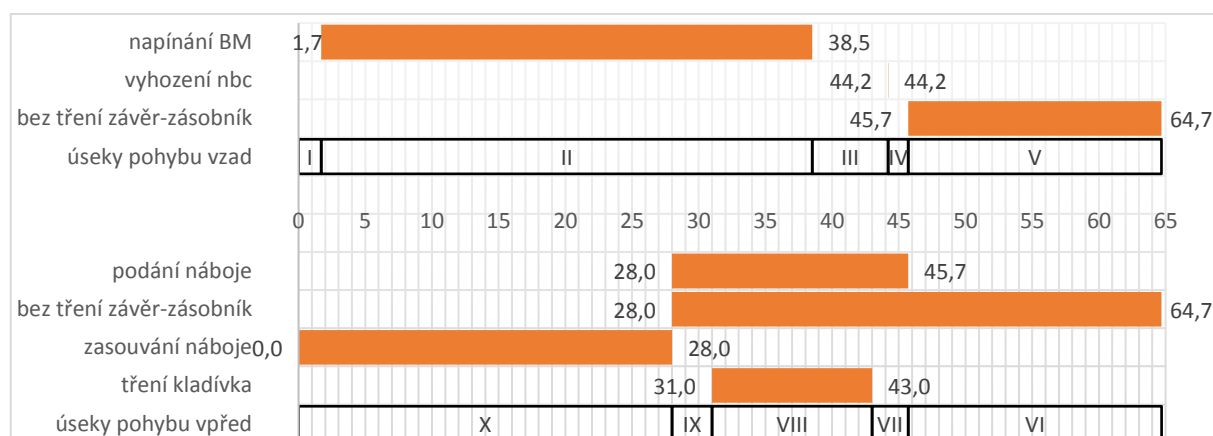
Návrh nového závěru se co nejvíce drží rozměrů původního závěru samopalu vz.61. Rozmístění jednotlivých unášených komponent je shodné. Patrné jsou akorát rozdíly v prostoru dna nábojnice, který je upraven na rozměry dle příslušné tabulky TDCC stejně jako zub vytahovače. Další změna je v celkové délce závěru, která je oproti původnímu rozměru zvýšena na 110 mm . Toto prodloužení bylo nutné vzhledem k tomu, že náboj $5,7 \times 28 \text{ mm}$ je oproti původnímu $7,65 \times 17 \text{ mm}$ o přibližně 15 mm delší. Část tohoto rozdílu je pokryta úpravou míst v okolí zásobníkové šachty, o zbytek musela být prodloužena celá zbraň a stejně tak i závěr, aby byly zachovány návaznosti ostatních mechanismů zbraně. Opěrné plochy pedsuvných pružin jsou posunuty směrem vzad tak, aby délka pedsuvných pružin byla při závěru v přední poloze shodná s původní délkou $166,6 \text{ mm}$ a bylo umožněno použití původních pružin. Rozměry zápalníku jsou zachovány bez úprav, úderník musel být prodloužen společně se závěrem o shodnou délku. Vyhazovací okénko je protaženo až k čelu závěru, aby byl poskytnut dostatečný prostor vyhazované nábojnici. Požadované hmotnosti tělesa závěru $m'_z = 0,222 \text{ kg}$ je dosaženo zvětšením vybrání v jeho zadní části. V této rekonstrukci není zamýšleno použití zpomalovače kadence, a tedy ozub pro jeho zachycení není zachován. Upravené rozměry a tvary nového závěru jsou zřejmé z obrázku 4.4.



Obrázek 4.4 – Úpravy závěru

4.2.3 Cyklogram

Pohybové charakteristiky závěrového mechanismu jsou zásadně ovlivňovány dvěma veličinami. První z nich je celková hmotnost $m_c(x)$ pohybujících se součástí, druhou pak celkový okamžitý silový účinek od hnacích i odporových sil působících na závěr. Tyto veličiny jsou v jednotlivých dráhových úsecích různé, což je dáno konstrukčními návaznostmi spolupracujících mechanismů. K přehlednému znázornění význačných bodů cyklu a jimi vytyčených dráhových úseků je sestrojen cyklogram zbraně, který je patrný z grafu 3, kde oranžová barva vyznačuje úsek, na kterém se vyskytuje příslušný jev.



Graf 3 – Cyklogram zrekonstruované zbraně

4.2.4 Funkční diagram

Funkční diagram zbraně je závislost polohy závěru $x(t)$ na čase t . V tomto případě je k jeho sestavení použit přibližný výpočet energetickou metodou. Ten spočívá v určení kinetické energie závěru $E_{kz}(x)$ na počátku dráhového úseku, určení práce spotřebované na překonání odporů a obsluhu dalších mechanismů na dráhovém úseku a následném získání kinetické energie na konci dráhového úseku dle rovnice 4.15. Z energie na konci úseku je dle 4.16 vypočtena rychlost závěru na konci úseku $v_z(x)$, pro daný dráhový úsek je určena střední rychlost a z ní vypočten čas na konci úseku $t(x)$ dle 4.17.

$$E_{kz}(x_i) = E_{kz}(x_{i-1}) - W_{pp}(x_i) - W_{tv}(x_i) - W_{tz}(x_i) - W_{bp}(x_i) - W_{tk}(x_i) - W_{po}(x_i) \quad 4.15$$

$$v_z(x_i) = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{kz}(x_i)}{m_c(x_i)}} \quad 4.16$$

$$t(x_i) = t(x_{i-1}) + \frac{x_i}{\bar{v}_z(x_i)} \quad 4.17$$

Pohyb vzad

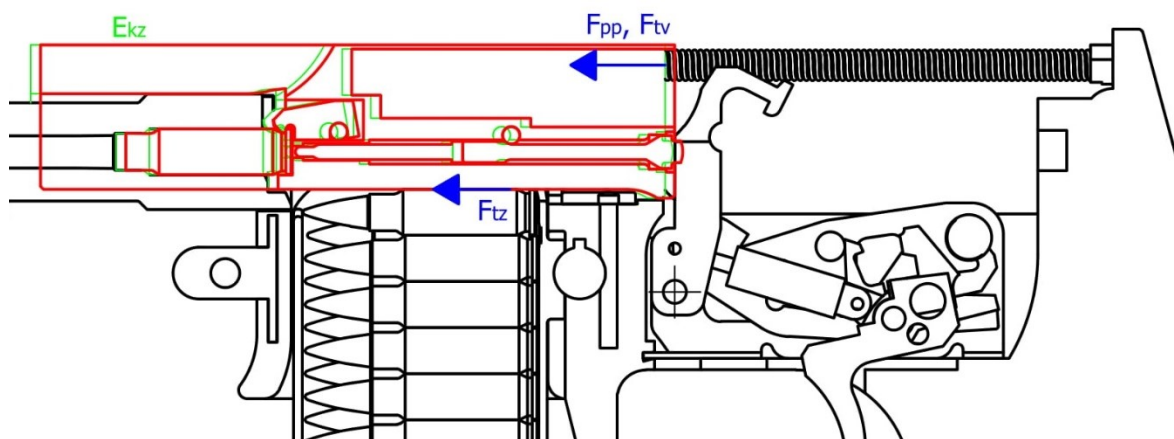
Počáteční kinetická energie závěru je dána, podle základního vztahu pro kinetickou energii, maximální dovolenou rychlostí v_{zmax} , která byla stanovena v podkapitole 4.2.1, a celkovou pohybující se hmotností na počátku cyklu $m_c = m_z + m_{nbc}$.

$$E_{kz}(0) = \frac{1}{2} m_c \cdot v_{zmax}^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,2437 \cdot 6,2^2 = 4,68 \text{ [J]}$$

Úsek I

V tomto počátečním úseku začíná pohyb závěru směrem vzad. Celková pohybující se hmotnost je tvořena závěrem se všemi nesenými součástmi, částí hmotnosti představných pružin a prázdnou nábojnicí. Závěr je brzděn silou představných pružin, třením ve vedení, silou od vytahování vystřelené nábojnice a také třením o nový náboj v zásobníku. Síla představných pružin F_{pp} je na počátku rovna předpětí a dále roste úměrně souhrnné tuhosti obou pružin a vzdálenosti uražené závěrem. Práce W_{pp} , spotřebovaná na její překonání, je dána součinem její střední hodnoty na příslušném úseku a vzdálenosti uražené závěrem. Hodnota třecí síly F_{tv} mezi závěrem a jeho vedením v pouzdře závěru je ve skutečnosti v čase proměnná a záleží na okamžitém poměru jednotlivých účinků působících na závěr. Největší vliv na tuto sílu má vyosení představných pružin proti ose nábojnice. Tím, že nejsou síla představných pružin a síla od tlaku prachových plynů působících na dno nábojnice v jedné ose, dochází k vzniku klopného momentu, který přitlačuje přední hranu závěru směrem dolů a zadní část směrem vzhůru. Vzhledem k tomu, že se jedná pouze o přibližný výpočet energetickou metodou, je velikost síly $F_{tv} = 3 \text{ N}$ odhadnuta a uvažována v čase konstantní. Práce spotřebovaná na její překonání, W_{tv} , je dána jejím součinem s dráhou závěru. Brzdový účinek síly od vytahování nábojnice je obtížné přesně určit početně. V tomto případě je zahrnut už do výpočtu počáteční hybnosti závěru pomocí koeficientu fiktivnosti φ , jímž se násobí celková pohybující se hmotnost (podkapitola 4.2.1). Třecí síla F_{tz} způsobená přitlakem nového náboje na spodní část závěru silou F_{pz} od pružiny zásobníku je při jediném výstřelu nezávislá na čase, závisí však na aktuálním počtu nábojů v zásobníku. Pro správnou funkci závěru je kritická její maximální hodnota. V prvotním výpočtu byla použita odhadnutá hodnota,

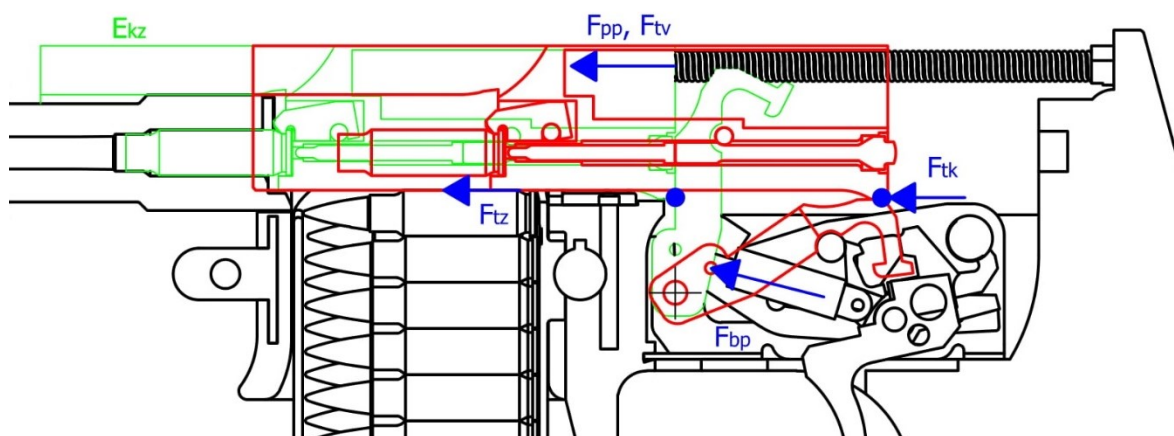
kteřá byla následně upřesněna (viz kapitola 4.3) a ve zde prezentovaném finálním výpočtu je použita hodnota $F_{pz} = 9 \text{ N}$, Součinitel tření mezi závěrem a novým nábojem $f_{nb} = 0,35$ (34) pak odpovídá kontaktu povrchů ocel-mosaz. Práce W_{tz} spotřebovaná na překonání síly F_{tz} je rovna jejímu součinu s dráhou závěru. Schéma pohybu na úseku I je znázorněno na obrázku 4.5 kde, stejně jako i na následujících obrázcích, zelená barva reprezentuje stav na počátku úseku a červená na jeho konci, modrou barvou jsou pak v daném úseku působící odporové či hnací síly.



Obrázek 4.5 – Úsek I

Úsek II

Brzdné účinky působící na závěr jsou shodné s předchozím úsekem, navíc se začíná napínat bicí mechanismus. Při napínání bicí pružiny je spotřebována práce W_{bp} , která je součinem střední hodnoty síly bicí pružiny F_{bp} a vzdálenosti, o kterou je tato pružina v daném úseku stlačena. Tato vzdálenost je určena odměřením z 3D modelu. Dále vzniká třecí síla F_{tk} mezi závěrem a kladívkem v bodě jejich dotyku, který se v čase pohybuje. Směr této síly je závislý na úhlu natočení kladívka, avšak celkovou práci W_{tk} spotřebovanou na její překonání lze jednoduše určit jejím součinem s vzdáleností uraženou dotykovým bodem. Tato vzdálenost je zjednodušeně určena z 3D modelu. Hmotnost pohybujících se částí je navýšena o redukovanou hmotnost kladívka m_{kred} a bicí pružiny m_{bpred} dle vztahů 4.18 a 4.19. Schéma úseku II je na obrázku 4.6.



Obrázek 4.6 – Úsek II

$$m_{kred} = \frac{I_k}{r_k^2} \quad 4.18$$

$$m_{kred} = \frac{9,212}{28,25} = 0,0115 [kg]$$

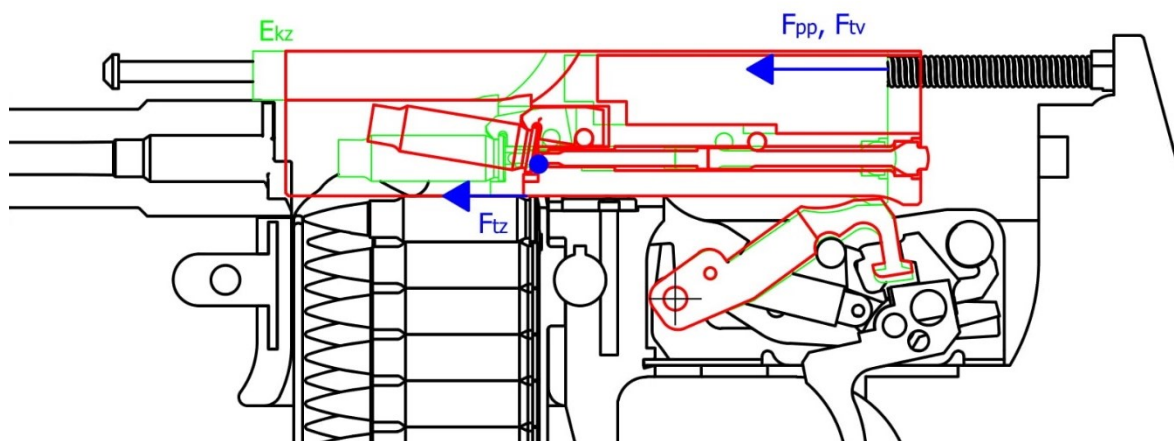
$$m_{bpred} = (m'_{bp} + m_{vedeni}) \frac{r_{bp}^2}{r_k^2} \quad 4.19$$

$$m_{bpred} = (0,0012 + 0,002) \frac{7,5^2}{28,25^2} = 0,0002 [kg]$$

- Kde I_k je hmotový moment setrvačnosti kladívka k ose rotace (získán z 3D modelu),
 r_k je vzdálenost kontaktního bodu závěru a kladívka od osy otáčení kladívka (dle 3D modelu),
 m'_{bp} je hmotnost bicí pružiny (získána zvážení originálu),
 m_{vedeni} je hmotnost částí spoluunášených bicí pružinou (získána zvážení originálu),
 r_{bp} je vzdálenost bodu uchycení bicí pružiny od osy otáčení kladívka (dle 3D modelu).

Úsek III

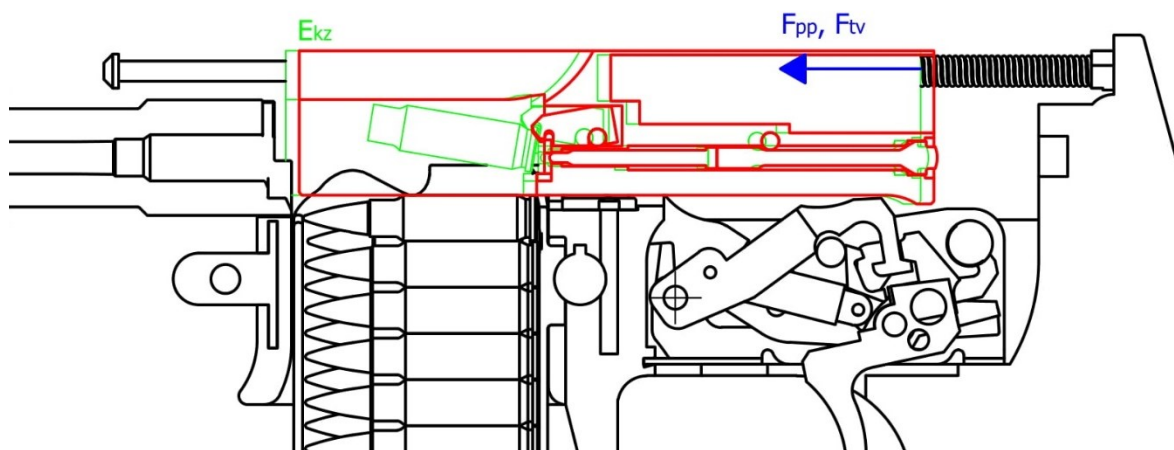
Je ukončeno napínání bicího mechanismu. Celková hmotnost pohybujících se částí se snižuje o redukované hmotnosti kladívka m_{kred} a bicí pružiny m_{bpred} . Nadále není spotřebovávána práce na napínání bicí pružiny W_{bp} . Třecí síla mezi kladívkem a závěrem ve skutečnosti působí ještě na dráze několika milimetrů, pak se však díky tvarování spodní části závěru část energie přenesle zpátky na závěr a lehce jej urychluje. Tyto dva účinky se přibližně vyrovnají, a proto na tomto úseku již není třecí síla F_{tk} uvažována. Schéma je patrné z obrázku 4.7.



Obrázek 4.7 – Úsek III

Úsek IV

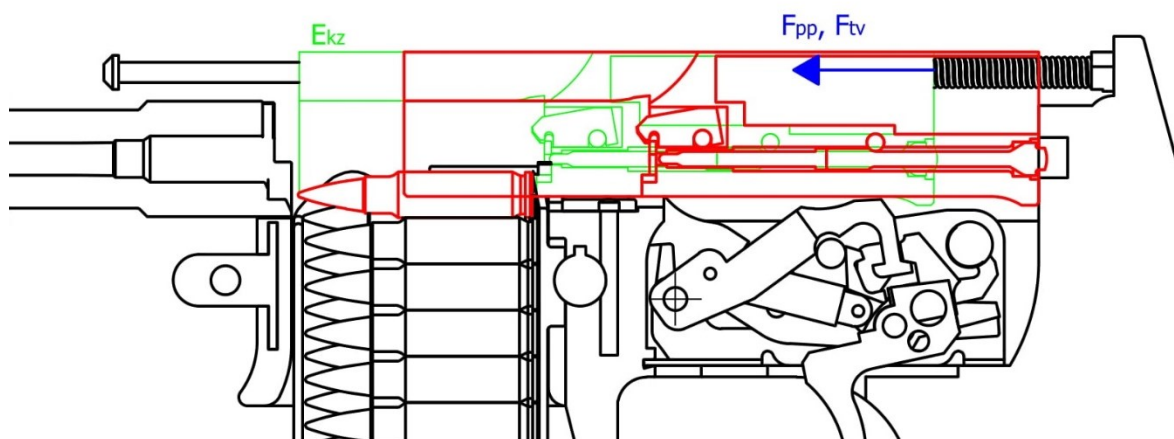
Na přelomu III. a IV. úseku dochází k vyhození prázdné nábojnice. Přesné parametry rázu při vyhození nábojnice je poměrně obtížné stanovit, nicméně vzhledem k velmi malé hmotnosti nábojnice $m_{nbc} = 0,0039 kg$ způsobí její vyhození jen velmi malou ztrátu energie, a proto je možné ji v tomto výpočtu zanedbat. Oproti předchozímu úseku je tedy uvažován pouze pokles hmotnosti pohybujících se dílů o hmotnost nábojnice m_{nbc} . Schéma úseku IV je na obrázku 4.8.



Obrázek 4.8 – Úsek IV

Úsek V

V pátém úseku dochází k uvolnění prostoru nad zásobníkem a závěr s ním nadále již není v kontaktu. Tímto vymizí třecí síla F_{tz} a práce W_{tz} potřebná k jejímu překonání je rovna nule. Závěr se posunuje dále až do zadní úvratě. Schéma úseku V je na obrázku 4.9.



Obrázek 4.9 – Úsek V

Pohyb vpřed

V zadní úvratí závěru dochází k odrazu od pevného rámu zbraně. Tento odraz je také spojen se ztrátou energie, ta je charakterizována odrazovým součinitelem β , který udává poměr dopadové rychlosti v_{dopad} a odrazové rychlosti v_{odraz} dle vzorce 4.20. Pro zbraň s tvrdým rázem v zadní poloze je hodnota součinitele $\beta = 0,3$ (32).

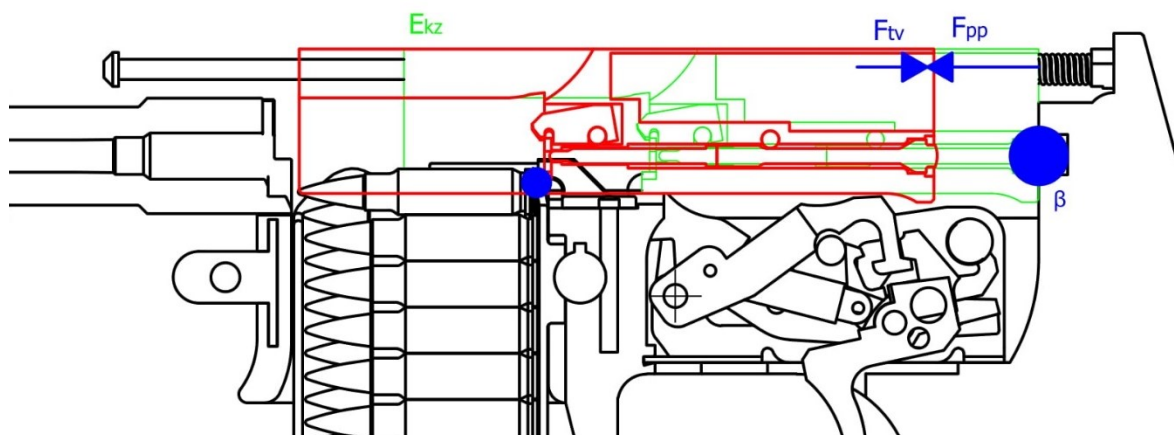
$$\beta = \frac{v_{odraz}}{v_{dopad}} \quad 4.20$$

$$v_{odraz} = \beta \cdot v_{dopad} = 0,3 \cdot 2,876 = 0,863 \text{ [m/s]}$$

Úsek VI

Po odrazu je závěr urychlován energií akumulovanou v předsvuných pružinách. Při rozpínání pružin dochází k dynamickým jevům způsobujícím určité ztráty, které sníží celkovou práci W_{pp} vykonanou pružinami. Toto snížení je zohledněno vynásobením práce W_{pp} koeficientem účinnosti

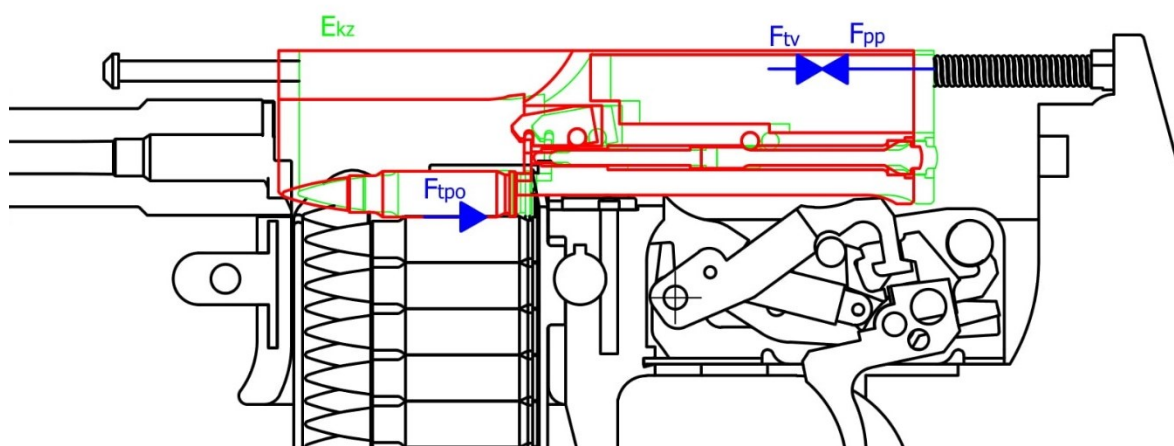
pružin φ_{pp} , jehož souhrnná velikost pro obě předsvné pružiny je odhadnuta $\varphi_{pp} = 0,9$. Schéma úseku VI je na obrázku 4.10.



Obrázek 4.10 – Úsek VI

Úsek VII

V úseku VII začíná vysunování nového náboje ze zásobníku. Celková pohybující se hmotnost se tak zvýší o hmotnost nového náboje m_{nb} . K překonání třecích sil mezi podávaným nábojem, následujícím nábojem a vyústěním zásobníku je spotřebována práce W_{po} . Ta je vypočtena jako součin třecí síly F_{tpo} a dráhy uražené závěrem. Síla F_{tpo} je vypočtena za předpokladu dvou kontaktních ploch o součiniteli tření f_{nb} stlačovaných maximální silou od pružiny zásobníku F_{pz} . Schéma úseku VII je patrné z obrázku 4.11.

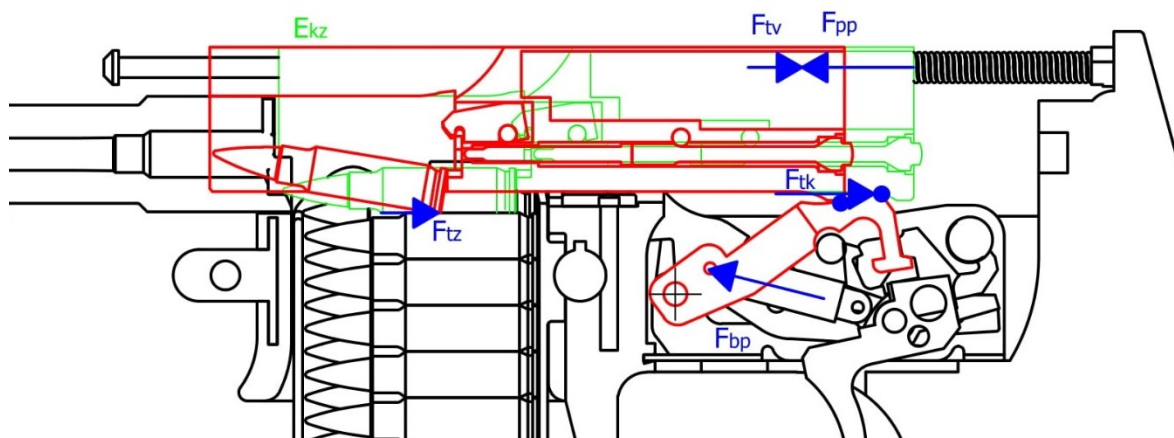


Obrázek 4.11 – Úsek VII

Úsek VIII

V tomto úseku dochází ke kontaktu závěru s již nataženým kladívkem. Energie ztracená přidavným stlačením kladívka na počátku kontaktu je víceméně vrácena zpátky při jeho navrácení do původní polohy, a proto není do výpočtu zahrnuta. Kolmá reakce mezi pohybujícími se povrchy závěru a kladívka je dána silou bicí pružiny redukovanou pomocí kladívka jako jednoramenné páky o ramenech R_{bp} a R_k' , které se v závislosti na poloze kontaktního bodu mění a ve výpočtu je zahrnuta

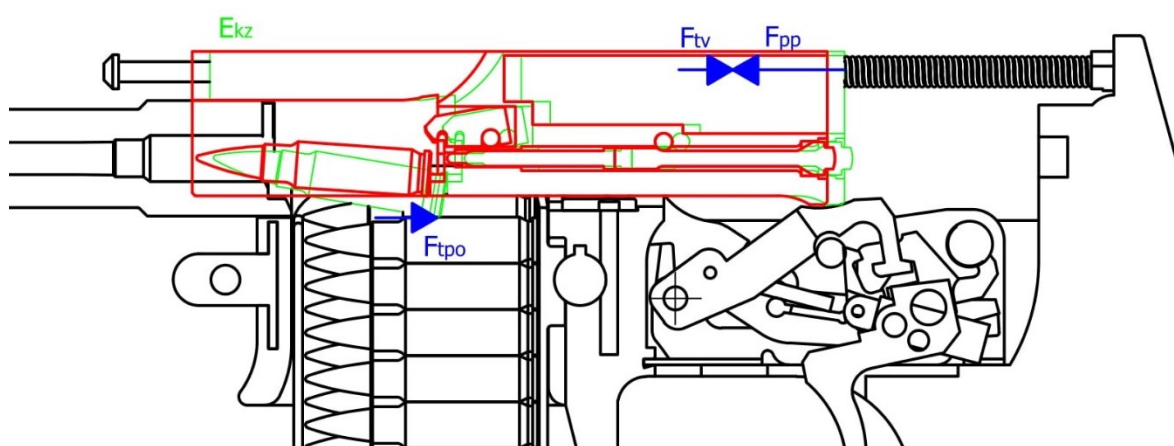
jeho střední hodnota. Vynásobením této reakce délkou úseku je získána potřebná práce W_{tk} . Schéma úseku VIII je znázorněno na obrázku 4.12.



Obrázek 4.12 – Úsek VIII

Úsek IX

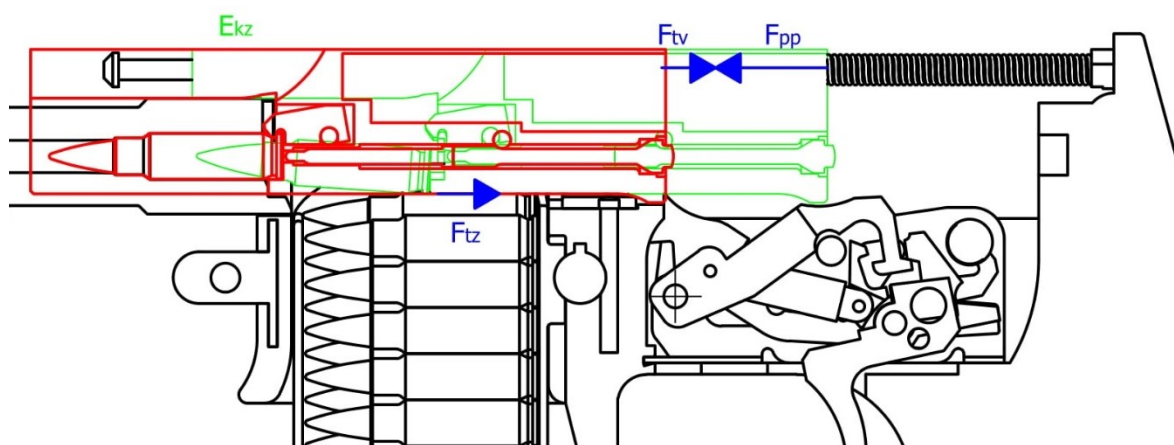
Tento úsek je silovými účinky shodný s úsekem VII. Kladívko již není v kontaktu se závěrem a pokračuje podávání nového náboje. Schéma úseku IX je na obrázku 4.13.



Obrázek 4.13 – Úsek IX

Úsek X

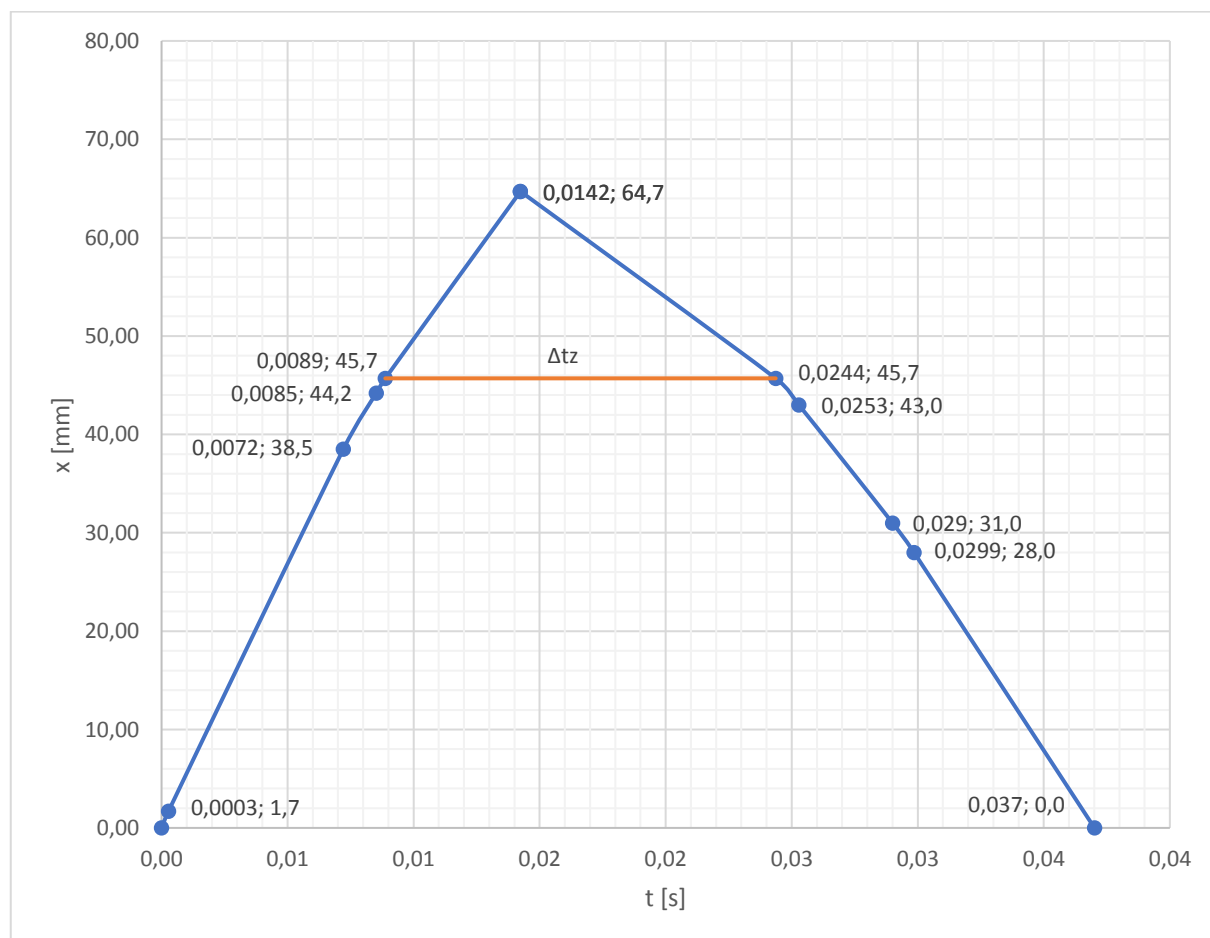
Podávaný náboj je uvolněn z vyústění zásobníku, čímž zaniká práce W_{po} potřebná k jeho vytažení. Nový náboj je zasouván do komory, což působí další odpor, ten je však v porovnání s ostatními zanedbatelně malý. Následující náboj je znova přitlačen pružinou zásobníku na spodní část závěru, tím dochází k tření, k jehož překonání se spotřebuje práce W_{tz} . Schéma posledního úseku X je na obrázku 4.14.



Obrázek 4.14 – Úsek X

Celková doba trvání jednoho cyklu zbraně je 0,037 s, což odpovídá teoretické kadenci přes 1600 výstřelů za minutu. Jedná se o poměrně vysokou hodnotu, ale řešení jejích příčin a důsledků přesahuje rozsah této práce. Zbytková energie závěru na konci cyklu je $E_{kz}(0') = 2,23 \text{ J}$ a na čelo hlavně závěr naráží rychlostí $v_z(0') = 4,25 \text{ m/s}$.

Hodnoty jednotlivých veličin v příslušných úsecích jsou vyneseny do tabulek 2 a 3 a funkční diagram je zobrazen v grafu 4. Pro bližší informace o výpočtu je přiložen výpočtový soubor v programu excel.



Graf 4 – Funkční diagram

Tabulka 2 – Pohyb vzad

	I			II		III		IV		V		
	počátek	\bar{y}	konec	\bar{y}	konec	\bar{y}	konec	\bar{y}	konec	\bar{y}	konec	
x	0,000	1,700	1,700	36,800	38,500	5,700	44,200	1,500	45,700	19,000	64,700	[mm]
E _{kz}	4,684		4,631		2,524		2,211		2,126		0,992	[J]
v _z	6,200	6,182	6,164	5,305	4,446	4,353	4,260	4,235	4,211	3,543	2,876	[m/s]
t	0,000		0,000		0,007		0,009		0,009		0,014	[s]
m _c		0,244		0,255		0,244		0,240		0,240		[kg]
m _z		0,240		0,240		0,240		0,240		0,240		[kg]
m _{nbc}		0,004		0,004		0,004						[kg]
m _{kred}				0,012								[kg]
m _{bpred}				0,0002								[kg]
F _{pp}	25,000	25,488	25,976	36,537	47,099	48,735	50,371	50,801	51,232	56,685	62,138	[N]
F _{tv}		3,000		3,000		3,000		3,000		3,000		[N]
F _{tz}		3,150		3,150		3,150		3,150				[N]
F _{bp}			59,200	77,124	95,048	95,048	95,048	95,048	95,048	95,048	95,048	[N]
F _{tk}				0,351								[N]
W _{pp}		0,043		1,345		0,278		0,076		1,077		[J]
W _{tv}		0,005		0,110		0,017		0,005		0,057		[J]
W _{tz}		0,005		0,116		0,018		0,005				[J]
W _{bp}				0,528								[J]
W _{tk}				0,008								[J]
r _k			16,800	28,250	39,700							[mm]
R _{bp}			7,190	6,425	5,660							[mm]
l _{bp}			26,140	6,840	19,300							[mm]

Tabulka 3 – Pohyb vpřed

	X		IX		VIII		VII		VI			
	konec	\bar{y}	konec	\bar{y}	konec	\bar{y}	konec	\bar{y}	konec	\bar{y}	počátek	
x	0,000	28,000	28,000	3,000	31,000	12,000	43,000	2,700	45,700	19,000	64,700	[mm]
E _{kz}	2,228		1,568		1,483		1,099		1,002		0,089	[J]
v _z	4,254	3,912	3,569	3,520	3,470	3,229	2,988	2,939	2,890	1,876	0,863	[m/s]
t	0,037		0,030		0,029		0,025		0,024		0,014	[s]
m _c		0,246		0,246		0,246		0,246		0,240		[kg]
m _z		0,240		0,240		0,240		0,240		0,240		[kg]
m _{nb}		0,006		0,006		0,006		0,006		0,000		[kg]
F _{pp}	25,000	33,036	41,072	41,933	42,794	46,238	49,682	50,457	51,232	56,685	62,138	[N]
F _{tv}		3,000		3,000		3,000		3,000		3,000		[N]
F _{tz}		3,150										[N]
F _{bp}	95,048	95,048	95,048	95,048	95,048	95,048	95,048	95,048	95,048	95,048	95,048	[N]
F _{tk}						0,342						[N]
F _{tpo}				6,300		6,300		6,300				[N]
W _{pp}		0,833		0,113		0,499		0,123		0,969		[J]
W _{tv}		0,084		0,009		0,036		0,008		0,057		[J]
W _{tz}		0,088										[J]
W _{tk}						0,004						[J]
W _{po}				0,019		0,076		0,017				[J]
R _k '					28,800	32,235	35,670					[mm]
R _{bp}					5,800	5,800	5,800					[mm]

4.3 Návrh zásobníku

K zásobování zbraně náboji je použit stejný typ zásobníku jako v původní zbraní. Jedná se o dvouřadý skříňový zásobník, který, díky válcovitému tvaru použitého náboje, není zahnutý. Kapacita zásobníku je vzhledem k zachování kompaktních rozměrů zvolena 20 nábojů. Oproti původnímu zásobníku je jeho tělo vyrobeno z průhledného polymeru, např. ERTA PC, umožňujícím snadnou kontrolu stavu naplnění. Na povrchu je opatřeno drobnými výstupky zvyšujícími pevnost úchopu a zabraňujícími vyklouznutí zásobníku z ruky. Podavač je taktéž vyroben z polymeru, např. ERTALON 6 SA. Skládání tlačné pružiny je usměrňováno vedením vyrobeným opět z polymeru, toto vedení pak výstupkem na spodní straně jistí pozici plechové patky nasunuté na spodní části těla a uzavírající skříň zásobníku.

Výpočet potřebné síly tlačné pružiny zásobníku vychází z požadavku na včasnost podání náboje v časovém intervalu $\Delta t_z = 0,0155 \text{ s}$, kdy závěr uvolní prostor nad zásobníkem. Tento interval je vyznačen ve funkčním diagramu oranžovou barvou (graf 4). Doba podání t_p musí být kratší a zároveň by proti Δt_z měla mít určitou rezervu, která je v rovnici 4.21 zohledněna zvolenou bezpečností podání $k_{tp} = 1,2$. Dráha $s = 4 \text{ mm}$, o kterou musí být náboj vysunut pro zachycení zasunovačem, odpovídá poloměru náboje. Společně s podávaným nábojem se pohybují i zbývající náboje v zásobníku, podavač a zásobníková pružina. Pro správnou funkci pružiny jsou kritické dva stavy naplnění zásobníku. Prvním z nich je podání prvního náboje z plného zásobníku, druhým pak podání posledního náboje ze zásobníku jinak prázdného. Pro oba tyto stavy je ze splnění podmínky včasnosti podání získána minimální tlačná síla pružiny (rovnice 4.22). Rozsah stlačení zásobníkové pružiny $l_{pz} = 79,5 \text{ mm}$ odpovídá násobku průměru náboje a poloviny (náboje jsou ve dvou řadách) kapacity zásobníku. Z požadavků na minimální sílu v krajních polohách pružiny a jejich vzdálenosti je dle vztahu 4.24 určena tuhost pružiny c_{pz} .

$$t_p = \frac{\Delta t_z}{k_{tp}} \quad 4.21$$

$$t_p = \frac{0,0155}{1,2} = 0,0129 \text{ [s]}$$

$$F_{pz} = m_n \cdot \left(\frac{2s}{t_p^2} + g \right) \quad 4.22$$

Kde m_n je celková urychlovaná hmotnost v zásobníku (dle vzorce 4.23),
 g je tíhové zrychlení $9,81 \text{ m/s}^2$
 s je vertikální posuv náboje při podání.

$$m_n = n \cdot m_{nb} + \frac{m_{pz}}{3} + m_{pd} \quad 4.23$$

Kde n je počet nábojů v zásobníku,
 m_{nb} je hmotnost náboje,
 m_{pz} je odhadovaná hmotnost pružiny zásobníku a
 m_{pd} je hmotnost podavače (dle 3D modelu).

$$\begin{aligned}
 m_{n1} &= 1 \cdot 0,0064 + \frac{0,05}{3} + 0,007 = 0,03 \text{ [kg]} \\
 F_{pz1} &= 0,03 \cdot \left(\frac{2 \cdot 0,004}{0,0129^2} + 9,81 \right) = 1,739 \doteq 1,8 \text{ [N]} \\
 m_{n20} &= 20 \cdot 0,0064 + \frac{0,05}{3} + 0,007 = 0,1517 \text{ [kg]} \\
 F_{pz20} &= 0,1517 \cdot \left(\frac{2 \cdot 0,004}{0,0129^2} + 9,81 \right) = 8,7719 \doteq 9 \text{ [N]} \\
 c_{pz} &= \frac{F_{pz20} - F_{pz1}}{l_{pz}} \\
 c_{pz} &= \frac{9 - 1,8}{79,5} = 0,09 \text{ [N/mm]}
 \end{aligned}
 \tag{4.24}$$

V zásobníku je použita vinutá drátová pružina oválného tvaru s výše vypočtenými parametry a rozměry danými zásobníkem, návrh konkrétní pružiny např. dle ČSN 02 6001 není obsahem této práce. Vizualizace zásobníku je na obrázku 4.15.



Obrázek 4.15 – Zásobník

5 Rekonstrukce zbraně – popisná část

V této kapitole jsou popsány další části navrhované zbraně, které jsou pouze ve fázi konceptu nebo nevyžadují početní ověření.

5.1 Rám

Použití náboje s mnohem větší délkou si vynutilo změny rozměrů zejména v oblasti zásobníkové šachty. Vzhledem k rozsahu změn bylo přistoupeno ke kompletnímu přepracování rámu s ohledem na zvýšení ergonomie a použití moderního materiálu. Rám je vyroben z polymeru se zvýšenou tuhostí a pevností vyztuženého skelnými vlákny ERTALON 66-GF30. Tento materiál poskytuje dostačující mechanické vlastnosti a zároveň umožňuje snížení celkové hmotnosti rámu. Oproti původnímu řešení je rám navržen v jednom kuse s rukojetí i lučíkem.

Spojení rámu a pouzdra závěru je řešeno shodně s původním samopalem vz.61, tedy pomocí příčného čepu. Vzhledem k malé kontaktní ploše čepu a rámu je toto místo navrženo jako samostatný ocelový díl, který je následně zalit do polymerového těla rámu (Obrázek 5.1). Tím je zaručena dostatečná odolnost místa uchycení čepu proti otlacení.

Profil zásobníkové šachty je zvětšen na rozměry odpovídající novému zásobníku, tedy 44,5 mm na 19,2 mm, výška šachty je prodloužena na 32 mm, aby bylo zajištěno pevné uchycení zásobníku pro možnost využít jej jako rukojeť při držení zbraně obouruč.

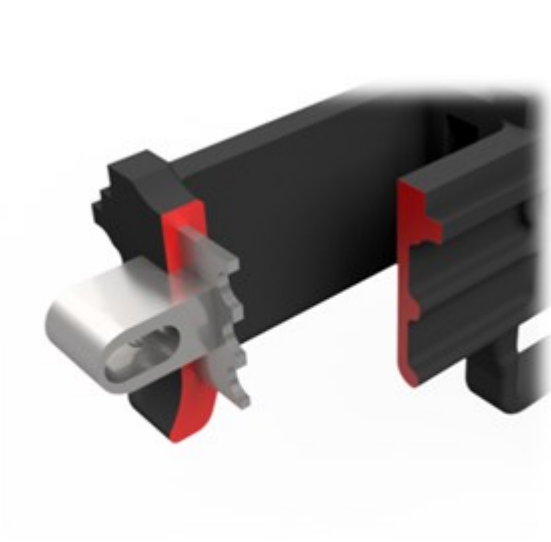
Uzel koncentrující vyhazovač, záchyt zásobníku, záchyt závěru a vypouštěcí páky kladívka je ponechán beze změny. Šachta pro pružinu vypouštěcí páky kladívka je na zadní straně rozšířena tak, aby bylo možné vložit pružinu z vnitřní strany rámu.

Prostor spoušťového a bicího mechanismu (Obrázek 5.2) je zjednodušen a přizpůsoben pro vložení modulu (viz 5.3), jehož pozice je v rámu zajištěna šikmými postranními plochami, čepem a částečně i přeřazovačem střelby.

Odrazová plocha závěru je na mohutnější mase polymeru a v místě úderníku je opatřena vybráním. Stejně tak je navrženo i opěrné místo pro předsuvné pružiny.

Zadní část rámu je tvořena prostorem pro ramenní opěru, je vybavena dvěma T úchyty a místem pro záchyt ramenní opěry viz podkapitola 1.1.

Povrch rukojeti a prostoru nad lučíkem je zdrsňený pomocí výstupků zvyšujících jistotu úchopu. Na levé straně rámu je umístěno označení zbraně a kolem prostoru pro hmatník přeřazovače jsou na příslušných pozicích vyvedeny piktogramy pro střelbu dávkou, zajištěno a střelbu jednotlivými ranami (Obrázek 5.3).



Obrázek 5.1 – Vložka pro uchycení čepu



Obrázek 5.2 – Prostor bicího mechanismu a odrazové plochy



Obrázek 5.3 – Piktogramy volby režimu střelby a červený výstražný prvek

5.2 Pouzdro závěru

Hlavní funkcí pouzdra závěru je vedení závěru při pohybu, upevnění hlavně a spojení těchto dílů s rámem. Pouzdro závěru je tvořeno dvěma souměrnými polovinami vyrobenými z materiálu shodného s rámem, které jsou spojeny sedmi šrouby o průměru 3 mm (Obrázek 5.4). Funkční provedení pouzdra závěru je obdobné původnímu řešení, celková délka pouzdra je prodloužena na 269 mm. Uchycení hlavně v pouzdře závěru je popsáno v podkapitole 4.1.3.

Spojení pouzdra závěru s rámem je v přední části řešeno pomocí čepu shodně s původní zbraní. V zadní části, kde u původní zbraně se hrana plechu pouzdra zasunuje do drážky v rámu, bylo potřeba zohlednit použitý materiál a jeho poměrně nižší pevnost. Proto bylo uchycení v zadní části přestavováno a na nové zbraně je řešeno půlkruhovým vybráním, do kterého zapadá výstupek na rámu. Řešení je patrné z obrázku 5.5.

Pouzdro závěru je v přední části na horní i spodní straně a v zadní části na horní straně vybaveno montážními lištami Picatinny pro uchycení mířidel a dalšího příslušenství.

Závěr je v pouzdře veden po úzkých vodicích plochách vyvýšených oproti okolnímu terénu o 0,25 mm. Závěr tedy není v kontaktu s pouzdrem na celém svém povrchu ale pouze v místech těchto vodicích drah, což snižuje celkové tření při jeho pohybu.



Obrázek 5.4 – Rozpad pouzdra závěru



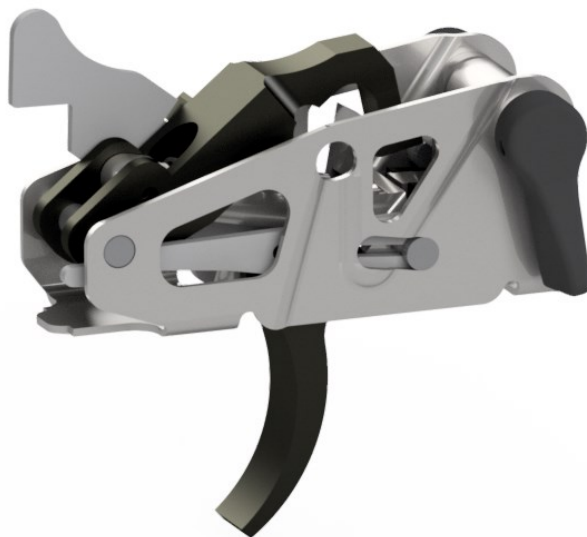
5.5 – Zadní část pouzdra závěru

5.3 Spoušťový a bicí mechanismus

Původní rozměry i použitý materiál jsou u spoušťového a bicího mechanismu kompletně zachovány. Rozdíl proti původní konstrukci je v tom, že celý mechanismus není přímo instalován do rámu, ale nyní je umístěn do kontejneru z lisovaného plechu, který zajistí přesné vymezení poloh jednotlivých prvků mechanismu, a tento kontejner je následně jako modul umístěn do polymerového rámu zbraně. Na přední části kontejneru je výstupek zapadající do vybrání v rámu, po stranách je

kontejner usazen na šikmé plochy shodné jak na rámu, tak i na plechovém výlisku, a nakonec je zajištěn čepem procházejícím skrz kontejner i rám zbraně.

Přeřazovač střelby je zkonstruován tak, aby byly ovládací hmatníky vyvedeny po obou stranách zbraně. Poloha přeřazovače je jištěna malou torzní pružinou, její výčnělek zapadá do žlábků v těle přeřazovače. Hmatníky přeřazovače jsou větších rozměrů, vyrobeny z polymeru a zvyšují ergonomii manipulace se zbraní. Oboustranné provedení navíc umožňuje snadné ovládání i levou rukou. Provedení modulu spoušťového a bicího mechanismu je zřejmé z obrázků 5.6 a 5.7.



Obrázek 5.6 – Spoušťový/bicí mechanismus



Obrázek 5.7 – Spoušťový/bicí mechanismus, pohled zezadu

5.4 Ramenní opěra

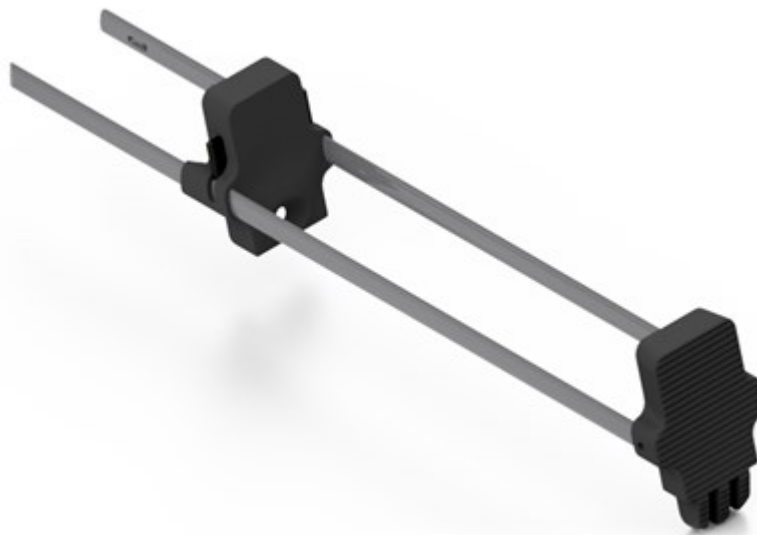
Ramenní opěra je zcela odlišné konstrukce než původní sklopná drátová verze. Nová opěra je řešena jako vysouvací, inspirovaná pažbou samopalu MP5. Je tvořena adaptérem obsahujícím uzamykací mechanismus výsuvu a zajišťujícím spojení pažby s rámem zbraně, dvěma výsuvnými rameny eliptického průřezu s odstupňovanými děrami pro nastavení délky výsuvu a botkou umožňující samotné opření o střelcovo rameno. Řešení modulu ramenní opěry je na obrázku 5.8.

Uzamykací mechanismus je tvořen dvěma hmatníky s kruhovými zámkami, které jsou od sebe odtlačovány pružinou a zapadají do děr ve výsuvných ramenech. Uchycení pažby k rámu zbraně je řešeno dvěma T úchyty na rámu zbraně, na které se adaptér shora nasune a po úplném zasunutí je zajištěn tlačítkem, které zapadne do otvoru v adaptéru (Obrázek 5.9).

Výsuvná ramena délky 250 mm jsou z jedné strany opatřena zahloubeními, které rozměrově odpovídají zámkům na hmatnících. Jedno zahloubení jistí pozici ve složeném stavu, další tři zahloubení pak umožňují zajištění opěry ve třech různých délkách vysunutí.

Botka je na konci výsuvných ramen zajištěna odpruženým kolíkem zapadajícím do vybrání v každém z ramen. Po stranách má zdrsňené klínovité plochy umožňující snadný úchop při vysouvání. Zadní strana botky je také zdrsňena hrubšími zářezy, aby byla minimalizována možnost smyknutí ze střelcova ramene. Dolní část botky je tvořena žebry, které zapadají mezi žebra v zadní části rámu. Tímto

je umožněno využít celou zadní plochu zbraně pro opření o rameno při současném zachování tvaru rukojeti a úchopu bez ohledu na to, zda je pažba složená či vysunutá. Toto řešení zároveň minimalizuje možnost skřípnutí kůže střelcovy ruky mezi rám a botku při skládání pažby. Botka je zobrazena na obrázku 5.10.



Obrázek 5.8 – Ramenní opěra



Obrázek 5.9 – Uzamykací mechanisus výsuvu pažby a její uchycení k rámu zbraně



Obrázek 5.10 – Botka ramenní opěry

6 Zhodnocení navržené zbraně

Navržená zbraň Škorpion D snoubí kompaktnost původního samopalu vz.61 s moderní výkonnou ráží 5,7x28mm. Se svými 333 mm délkou se jedná o jednu z nejmenších zbraní kategorie PDW. Díky použití moderních polymerních materiálů na největší části se podařilo snížit hmotnost celé zbraně s plným dvacetiranným zásobníkem na pouhý 1,0 kg (bez zásobníku 0,8 kg), což je ve své kategorii také jedna z nejnižších hodnot. To umožňuje splnění požadavku na možnost snadného nošení této zbraně na těle, aniž by zavazela při výkonu jiných povinností.

Použitá ráže splňuje požadavky na efektivní dostřel 200 m a požadovaný účinek na měkké cíle i obrněný cíl CRISAT.

Ovládací prvky jsou snadno dostupné z primárního úchopu a, kromě zachytu zásobníku, přístupné z obou stran zbraně. To umožňuje její snadné použití pro střelbu z pravé i levé ruky. Zbraň umožňuje volbu režimu střelby jednotlivými ranami i dávkou volenou pomocí hmatníků přezazovače zároveň sloužícího jako manuální pojistka. Na horní straně prostoru lučiku je tlačítko zachytu závěru, které je dostatečně velké a z obou stran přístupné pro střelící prst.

Základní rozborka zbraně je shodná s původním samopalem vz.61, vytažením čepu v přední části rámu je uvolněno pouzdro závěru, které je následně možné povysunout v před a poté vyklopit směrem nahoru. Z vyklopeného pouzdra je pak možné (po vytažení hmatníků závěru) vysunout závěr společně s pedsuvnými pružinami.

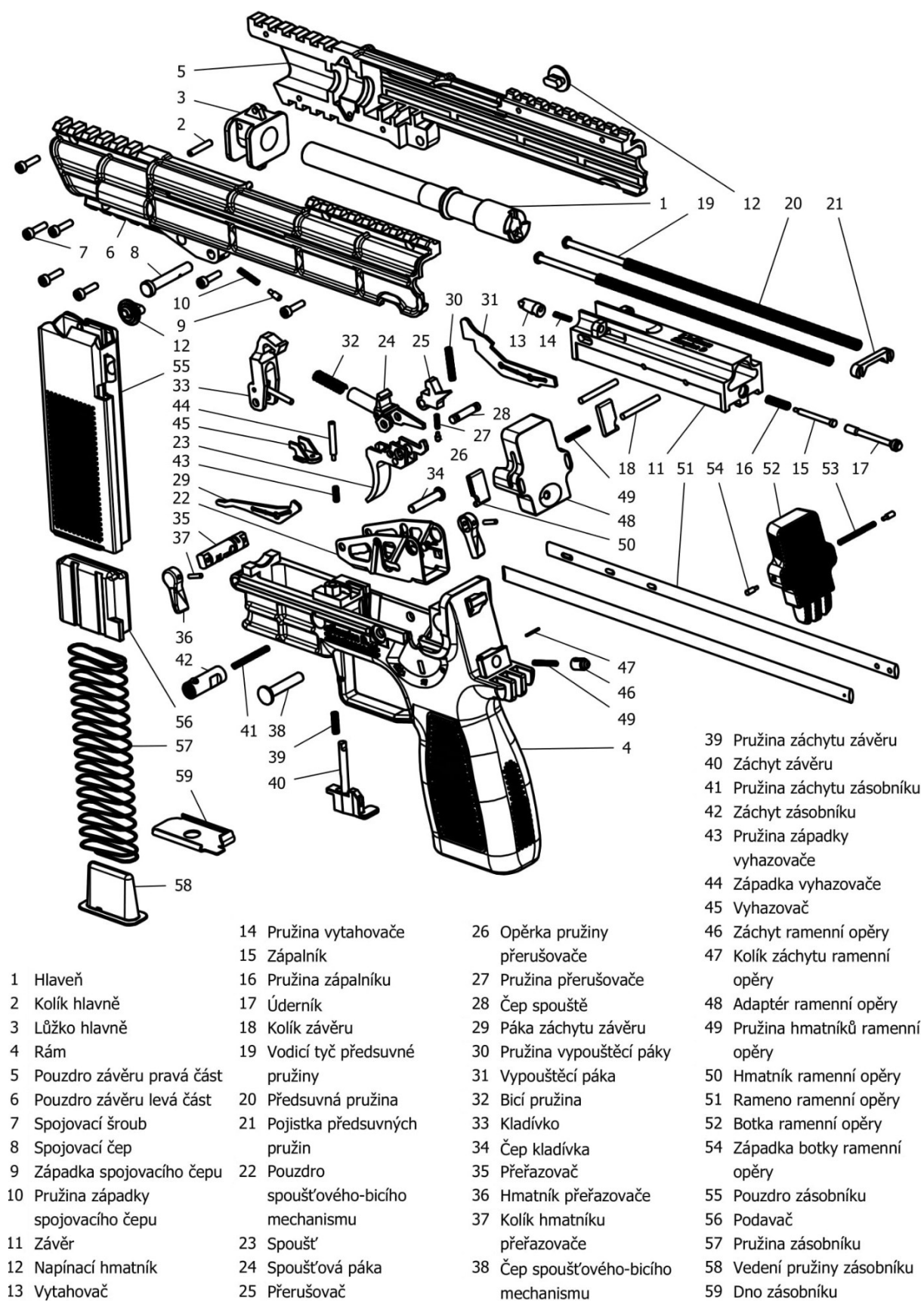
Na těle zbraně jsou integrovány tři montážní lišty Picatinny pro uchycení příslušenství. Zbraň není vybavena vestavěnými mířidly a předpokládá se uchycení zaměřovače nebo mechanických mířidel na montážní lišty. Všechny hrany na povrchu zbraně jsou zaobleny, aby nemohlo dojít k zachycení zbraně při tasení nebo manipulaci ve stísněných prostorech. Povrch rukojeti a zásobníku je zdrsňen pro zvýšení jistoty úchopu například ve vlhkém prostředí či v rukavicích.

Navržená zbraň splňuje maximum z požadavků stanovených v podkapitole 1.2.1. Její parametry jsou patrné z obrázku 6.1. Rozpad zobrazující všechny díly zbraně je na obrázku 6.2.



Ráže	5,7x28mm
Hmotnost	1,1 kg
Délka zbraně	333 mm
Délka hlavně	150 mm
Kapacita zásobníku	20 ks
Kadence	1600 ran/min
Efektivní dostřel	200 m

Obrázek 6.1 – Škorpion D



Obrázek 6.2 – Rozpad navržené zbraně Škorpion D

7 Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout novou zbraň typu PDW vycházející z řady úspěšných českých samopalů s názvem Škorpion.

Na základě rešerše zbraní kategorie PDW, definic a požadavků na tyto zbraně dle různých zdrojů byla sestavena shrnující definice této kategorie zbraní a seznam základních požadavků pro ně klíčových. Z následného průzkumu nejpoužívanějších nábojů pro zbraně této kategorie byla pro rekonstrukci zvolena jako nejvhodnější ráže 5,7x28mm, která splňuje jak požadavky na výkonnost náboje, tak i na jeho dostupnost a celosvětovou rozšířenost. Jako předloha nové zbraně byl díky svým vlastnostem zvolen původní samopal vz.61 Škorpion.

V prvním kroku návrhu byla navržena nová hlaveň a proveden její kontrolní pevnostní výpočet, který potvrdil, že je vyhovující. Relativně nízký impulz síly od výstřelu zvolené ráže umožnil zachování některých prvků, jako například pedsuvných pružin, podle jejich parametrů a zvolené maximální rychlosti byla určena hmotnost dynamického závěru, která je v porovnání s původní verzí o něco nižší a vyžádala si přidání odlehčujících otvorů na tělese závěru. Pro tuto sestavu byl sestaven funkční diagram a vypočtena délka funkčního cyklu 0,037 s. Ta odpovídá poměrně vysoké teoretické kadenci přes 1600 výstřelů za minutu, avšak další ladění v tomto směru po konzultaci s vedoucím práce již nebylo prováděno.

Dle požadavků sestavených v první části byly navrženy další součásti zbraně zejména s důrazem na užití moderních materiálů a zajištění ergonomie obsluhy pravou i levou rukou. Z podmínky včasnosti podání náboje byly určeny parametry zásobníkové pružiny. Při rekonstrukci měl zásadní význam rozdíl v délkách původního náboje 7,65x17mm a nové ráže. Tento rozdíl si vynutil jak prodloužení zásobníku a zásobníkové šachty, tak i prodloužení závěru a jeho vedení a tím i změnu celkových rozměrů zbraně. Z původních dílů zůstal zachován pouze bicí a spoušťový mechanismus.

Navržená zbraň je výkonná, kompaktních rozměrů a nízké hmotnosti, splňuje stanovené požadavky na zbraň kategorie PDW, a tedy cíl této práce je naplněn.

8 Citace

1. **WEEKS, John S.** *World War II Small Arms*. New York : Galahad Books, 1979. str. 130. ISBN 0883654032.
2. **BROWN, Richard.** THE PERSONAL DEFENCE WEAPON ~ PART1. *joint-forces*. [Online] 30.. 3 2018. [Citace: 30. 12. 2019.] <https://www.joint-forces.com/features/12366-the-personal-defence-weapon-part-1>.
3. —. Uzi. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie*. [Online] 28. 12. 2019. [Citace: 30. 12. 2019.] <https://en.wikipedia.org/wiki/Uzi>.
4. **FENCL, Jiří.** *Škorpion*. Praha : Naše vojsko, 2016. ISBN 978-80-206-0704-1.
5. **GOURLEY, S. a KEMP, I.** The Duellists. *Jane's Defence Weekly*. 26. 11. 2003, Sv. 40, 21, stránky 26-28.
6. **POOLE, E. a GARRY, J.** The Untold FN Story. *gunsandammo*. [Online] Outdoor Sportsman Group, 24. 3. 2016. [Citace: 31. 12. 2019.] <https://www.gunsandammo.com/editorial/the-untold-fn-story/248546>.
7. **BROWN, Richard.** THE PERSONAL DEFENCE WEAPON ~ PART2. *joint-forces*. [Online] 11. 4. 2018. [Citace: 31. 12. 2019.] <https://www.joint-forces.com/features/12926-the-personal-defence-weapon-part2>.
8. **JOHNSON, Richard.** 20 PDWs For Ultimate Close-Quarters Personal Defense. *tactical-life*. [Online] ATHLON OUTDOORS, 30. 7. 2015. [Citace: 5. 1. 2020.] <https://www.tactical-life.com/firearms/20-pdw-close-quarters-personal-defense/>.
9. **POPENKER, Maxim.** CBJ-MS PDW. *modernfirearms*. [Online] 2019. [Citace: 31. 12. 2019.] <https://modernfirearms.net/en/submachine-guns/sweden-submachine-guns/cbj-ms-pdw-eng/>.
10. **NATHANIEL, F.** Modern Personal Defense Weapon Calibers 012: The 5.8x21mm Chinese. *thefirearmblog*. [Online] 20. 3. 2017. [Citace: 31. 12. 2019.] [thefirearmblog](http://thefirearmblog.com).
11. —. QCQ-05. *Firearm Central*. [Online] [Citace: 11. Duben 2020.] <https://firearmcentral.fandom.com/wiki/QCQ-05>.
12. —. DRDO develops close-quarter combat guns for Army. *Brahmand.com*. [Online] 13. Říjen 2009. [Citace: 1. Leden 2020.] <http://www.brahmand.com/news/DRDO-develops-close-quarter-combat-guns-for-Army/2255/1/25.html>.
13. **YADAV, Bhupinder.** INDIA'S SMALL ARMS REQUIREMENT. *defproac.com*. [Online] 4. 2018. [Citace: 1. 1. 2020.] <http://www.defproac.com/?p=6821>.
14. —. Пистолет-пулемет Modern Sub Machine Carbine / MSMC (Индия). *Lock Work*. [Online] 23. Květen 2018. [Citace: 12. Duben 2020.] <https://vk.com/@lockwrk-pistolet-pulemet-modern-sub-machine-carbine-msmc-indiya>.

15. **FORTIER, David M.** Gone: the ultimate PDW caliber? Who killed the 6x35mm TSWG? *The Free Library*. [Online] InterMedia Outdoors, Inc, 20. Duben 2016. [Citace: 1. 1. 2020.] <https://www.thefreelibrary.com/Gone%3A+the+ultimate+PDW+caliber%3F+Who+killed+the+6x35mm+TSWG%3F-a0452496613>.
16. **POTTS, J.R.** Knight's Armament Company PDW (Personal Defense Weapon). *militaryfactory*. [Online] 7. 11. 2017. [Citace: 1. 1. 2020.] https://www.militaryfactory.com/smallarms/detail.asp?smallarms_id=736.
17. **POPENKER, Maxim.** PP-2000. *modernfirearms*. [Online] 2020. [Citace: 5. 1. 2020.] <https://modernfirearms.net/en/submachine-guns/russia-submachine-guns/pp-2000-eng/>.
18. **HANZ.** Když běžná neprůstřelná vesta prostě nestačí... *armyweb*. [Online] 28. 3. 2019. [Citace: 5. 1. 2020.] <https://www.armyweb.cz/clanek/kdyz-bezna-neprustrelna-vesta-proste-nestaci>.
19. **MARTIN, Tom.** Would a PDW make a good home defense weapon (assuming it was legal and you were trained)? *quora*. [Online] 8. 7. 2018. [Citace: 5. 1. 2020.] <https://www.quora.com/Would-a-PDW-make-a-good-home-defense-weapon-assuming-it-was-legal-and-you-were-trained>.
20. **SERIPHIMARCHANGEL.** PDW. *urbandictionary*. [Online] 19. 11. 2008. [Citace: 5. 1. 2020.] <https://www.urbandictionary.com/define.php?term=PDW>.
21. —. Survival Debate: PDW – Do you really need one? *survivalcache*. [Online] [Citace: 5. 1. 2020.] <https://survivalcache.com/personal-defense-weapon-pdw-home-defense/>.
22. **HUBKA, Vladimír.** *Konstrukční nauka: obecný model postupu při konstruování*. [překl.] Stanislav Hosnedl. Curych : Heurista, 1995. str. 17. ISBN: 80-901135-0-8.
23. **WALL, Sandy.** Experiences with the FN P90. *Hendon Publishing Company*. [Online] Duben 2003. [Citace: 10. Leden 2020.] <https://web.archive.org/web/20110711162936/http://www.hendonpub.com/resources/articlearchive/details.aspx?ID=309>.
24. **OLIVER, David.** In the line of fire. *Global Defence Review*. [Online] GDR Publications Ltd., 2007. [Citace: 10. Leden 2020.] <https://web.archive.org/web/20061016074936/http://www.global-defence.com/2006/Utilities/article.php?id=40>.
25. **FENCL, Jiří.** Zbraňový komplet HK pro náboj 4,6 mm x 30. *valka.cz*. [Online] 18. Květen 2011. [Citace: 11. Leden 2020.] <https://www.valka.cz/14084-Zbranovy-komplet-HK-pro-naboj-4-6-mm-x-30>. ISSN: 1803-4306.
26. **NATHANIEL, F.** Modern Personal Defense Weapon Calibers 005: The 5.56x30mm MARS. *thefirearmblog.com*. [Online] 21. Únor 2017. [Citace: 11. Leden 2020.] <https://www.thefirearmblog.com/blog/2017/02/21/modern-personal-defense-weapon-calibers-005-the-5-56x30mm-mars/>.
27. **POPENKER, Maxim.** 5.8x21 DAP-92-5.8. *modernfirearms.net*. [Online] 2020. [Citace: 11. Leden 2020.] <https://modernfirearms.net/en/cartridge/5-8x21-dap-92-5-8/>.

28. **WHEELWRITE**. Case Histories: 224 BOZ. *www.gunmart.net*. [Online] Aceville Magazines Ltd., 12. Prosinec 2016. [Citace: 9. Únor 2020.] <https://www.gunmart.net/ammunition/rifle-ammunition/case-histories-224-boz>.
29. **CAMERÓN, Jordi**. 224Vob. *http://www.municion.org/*. [Online] [Citace: 9. Únor 2020.] <http://www.municion.org/Varios/224Vob.htm>.
30. *Lovecké náboje – vysokorychlostní a odvozené od vojenských*. **KREJČÍ, Jaroslav**. 10, Praha : Říjen 2016, Sv. roč.64. ISSN: 0323-214X.
31. **BLÁHA, Luboš**. Samopal CZ SCORPION EVO 3 A1. *Armádní Noviny*. [Online] 26. Březen 2012. [Citace: 16. Duben 2020.] <https://www.armadninoviny.cz/samopal-cz-scorpion-evo-3-a1.html>.
32. **MACKO, Martin**. *Teorie a výpočty loveckých, sportovních a obranných zbraní*. Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2006. ISBN: 80-248-1255-X.
33. **FIŠER, Miloslav a Lubomír POPELÍNSKÝ**. *Úvod do projektování zbraňových systémů: Malorážové zbraně*. Brno : Univerzita Obrany, 2009. ISBN: 9788072316663 8072316664.
34. **KRATINA, Jakub**. SOUČINITEL TŘENÍ. *e-konstrukter.cz*. [Online] 16. Duben 2013. [Citace: 8. Únor 2020.] <https://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/soucinitel-treni>.

9 Bibliografie

1. **FIŠER Miroslav a Stanislav PROCHÁZKA.** *Projektování loveckých, sportovních a obranných zbraní.* Ostrava : Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN: 978-80-248-1430-8.
2. ČSN 39 5020. *Náboje a vývrty hlavní – Rozměry, tlaky a energie.* Praha: Český normalizační institut, 2017. Třídící znak 395020
3. **BACHAN, J.** *Návrh osobní zbraně velitele.* [Bakalářská práce]. Brno : Vojenská akademie v Brně, pobočka Uherský Brod, 2003, 64 s.
4. **JEDLIČKA, Luděk.** *VNIBAL – Numerické řešení hlavní úlohy vnitřní balistiky* [program v Matlab]. Brno : Univerzita obrany, Katedra zbraní a munice.

10 Seznam příloh

Příloha A – výrobní výkres hlavně DOB0092-BP2-001

Příloha B – výpočtový soubor programu excel „Vypocty.xlsx“

Příloha C – 3D zobrazení navrhované zbraně ve formátu 3Dpdf „Skorpion_D.pdf“

Příloha D – 3D zobrazení navrhované zbraně ve formátu STEP „Skorpion_D.stp“